



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR -TE 141599

**RANCANGAN MULTISTAGE SINGLE TUNED PASIF FILTER
DI TABANG COAL UPGRADING PLANT (TCUP)
KALIMANTAN TIMUR**

Luhtfi Fajarudin Fauzi Numsi
NRP 2211 105 025

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.
Ir. SjamsjulAnam, MT.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - TE 141599

**MULTISTAGE PASSISVE SINGLE TUNED FILTER
ON TABANG COAL UPGRADING PLANT (TCUP)
EAST KALIMANTAN**

Luhtfi Fajarudin Fauzi Numsi
NRP 2211 105 025

Advisor

Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.

Ir. Sjamsjul Anam, MT.

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2015

**RANCANGAN MULTISTAGE SINGLE TUNED PASIF FILTER
DI TABANG COAL UPGRADING PLANT (TCUP)
KALIMANTAN TIMUR**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada**

**Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga
Jurusan Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Ir. Margo pujiantara, MT

NIP : 196603181990101001

Ir. Siamsjul Anam, MT.

NIP : 19630725199031002

**SURABAYA
JANUARI, 2015**

ABSTRAK

Nama Mahasiswa : Luhtfi Fajarudin Fauzi Numsi
Judul Tugas Akhir : Rancangan Multistage Single Tuned
Pasif Filter Di Tabang Coal Upgrading
Plant (TCUP) Kalimantan Timur
Nama Pembimbing I : Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.
Nama Pembimbing II : Ir. Sjamsjul Anam, MT.

Perkembangan beban listrik yang semakin besar dan komplek terutama penggunaan beban nonlinier dapat menyebabkan gangguan harmonisa. Hal ini dapat mengganggu kinerja dari peralatan – peralatan listrik yang seharusnya bekerja secara optimal menjadi tidak optimal. Karena itu, pada tugas akhir ini akan dibahas tentang perancangan filter harmonisa *multistage* yang berguna untuk mengurangi ataupun meredam harmonisa yang diakibatkan oleh pemasangan atau pengaktifan beban *nonlinier* pada sistem kelistrikan Tabang Colt Upgrading Plant (TCUP) Kalimantan Timur. Yang dimaksud filter harmonisa *multistage* yaitu filter yang terdiri dari beberapa filter jenis filter pasif yaitu *single tuned filter*, dimana masing – masing filter ini nantinya akan menghilangkan atau mengurangi harmonisa berdasarkan orde harmonisa yang akan ditentukan.. Hasil simulasi pada ETAP 7.0 menunjukkan bahwa harmonisa yang ada pada sistem dapat diatasi. Hal ini dapat dilihat dari nilai THDv dan THDi yang ada pada sistem kelistrikan Tabang Colt Upgrading Plant (TCUP) Kalimantan Timur. sudah dibawah standar IEEE 519 – 1992.

Kata kunci : Harmonisa, Filter *Multistage*.,

‘Halaman ini Sengaja di Kosongkan’

ABSTRACT

Nama Mahasiswa : Luhtfi Fajarudin Fauzi Numsi
Judul Tugas Akhir : Rancangan Multistage Single Tuned
Pasif Filter Di Tabang Coal Upgrading
Plant (TCUP) Kalimantan Timur
Nama Pembimbing I : Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.
Nama Pembimbing II : Ir. Sjamsjul Anam, MT.

The development of increasing electrical loads and complex, especially the use of nonlinear loads can cause harmonics. It can interfere with the performance of electrical equipment's that is supposed to work optimally become not optimally. Therefore, the final project will be discussed on the design multistage harmonic filter which is useful to reduce harmonics caused by the installation or activation non linier load in Tabang Colt Upgrading Plant (TCUP) Kalimantan Timur. Multistage harmonic filter which filters consisting of some passive filters, the single tuned filters, which respectively - each of these filters will reduce harmonics by order harmonics are determined.. The results of the simulation in ETAP 7.0 shows that the combined method, the harmonics in the system can be overcome. It can be seen from the value THDv and THDi, the electrical system Tabang Colt Upgrading Plant (TCUP) Kalimantan Timur, which is below the standard IEEE 519-1992.

Keyword : Harmonic, Multistage Filter.

‘Halaman ini Sengaja di Kosongkan’

KATA PENGANTAR

Segala puji kepada Allah SWT yang telah memberikan nikmat serta hidayah-Nya, Karena hanya dengan ridho dan hidayah-Nya saya bisa mengangkat Tugas Akhir ini. Selain itu Allah SWT telah memberikan kemudahan dan petunjuk bagi saya untuk menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul :

RANCANGAN MULTISTAGE SINGLE TUNED PASIF FILTER DI TABANG COAL UPGRADING PLANT (TCUP) KALIMANTAN TIMUR

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Saya juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu saya, sehingga saya bisa menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, yaitu kepada :

1. Kedua orang tua saya yang dengan penuh keikhlasan telah membesarkan, mendidik, serta senantiasa memberikan doa dan dukungan selama ini,
2. Bapak Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT. dan Bapak Ir. Sjamsjul Anam, MT. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir, atas bimbingan, nasehat dan pendapat yang diberikan kepada penulis selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ir. Teguh Yuwono. selaku dosen wali atas bimbingan dan masukan dalam perwalian.
4. Seluruh dosen pengajar Jurusan Teknik Elektro ITS yang telah banyak memberi ilmu selama penulis menempuh kuliah.
5. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Elektro ITS, terutama teman-teman lintas jalur angkatan 2009 - 2014.
6. Teman seperjuangan TA yang selama ini memberikan semangat dan selalu bersama saat bimbingan.
7. Semua pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak mungkin disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini belum sempurna, oleh karena itu saran dan masukan sangat diharapkan untuk perbaikan di masa yang akan datang. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembaca dan masyarakat pada umumnya.

Surabaya, Desember 2014

Penulis

DAFTAR ISI

JUDUL	
LEMBAR PERNYATAAN	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Metodologi	2
1.6 Sistematika Penulisan	3
1.7 Relevansi	4
 BAB II DASAR TEORI	
2.1 Harmonisa	5
2.2 Filter Pasif	8
2.2.1 Single Tuned Filter	9
2.2.2 Double Tuned Filter	11
2.2.3 High Pass Damped Filter Type C	15
2.3 Komponen Penyusun Filter	17
2.3.1 Resistor	17
2.3.2 Kapasitor	18
2.3.3 Induktor	18
2.4 Faktor Daya	18
 BAB III INDETIFIKASI SUMBER HARMONISA UNTUK MENENTUKAN LOKASI FILTER DAN MENYUSUN FILTER	
3.1 <i>Single Line</i> Diagram	21
3.2 Simulasi Tegangan Distorsi	22

3.3 Penyusunan Filter Pasif <i>Single Tuned</i>	30
BAB IV HASIL SIMULASI DAN ANALISA	
4.1 Perhitungan Nilai Filter	35
4.1.1 Perhitungan Nilai Filter Pada Bus MCC1	36
4.1.2 Perhitungan Nilai Filter Pada Bus MCC2	38
4.1.3 Perhitungan Nilai Filter Pada Bus MCC3	40
4.2 Simulasi <i>Harmonic Analysis</i> Menggunakan ETAP... ..	42
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Batasan Distorsi Arus untuk Sistem Distribusi Umum Berdasarkan IEEE 519-1992	6
Tabel 2.2 Batasan Distorsi Harmonik Tegangan Berdasarkan IEEE 519-1992	7
Tabel 3.1 <i>Result of Voltage Distortion for Main Bus</i>	22
Tabel 3.2 <i>Result of Voltage Distortion for Load Bus</i>	27
Tabel 3.4 Tabel Daya Aktif dan Faktor tiap Bus yang terdapat Sumber Harmonisa	31
Tabel 4.1 <i>Significant Harmonic from Bridge Rectifier</i>	35
Tabel 4.2 Hasil <i>Load Flow</i> untuk Bus MCC1	36
Tabel 4.3 Perbaikan Faktor Daya untuk Bus MCC1	37
Tabel 4.4 Parameter Filter untuk Bus MCC1	37
Tabel 4.5 Hasil <i>Load Flow</i> untuk Bus MCC2	38
Tabel 4.6 Perbaikan Faktor Daya untuk Bus MCC2	39
Tabel 4.7 Parameter Filter untuk Bus MCC2	39
Tabel 4.8 Hasil <i>Load Flow</i> untuk Bus MCC3	40
Tabel 4.9 Perbaikan Faktor Daya untuk Bus MCC3	41
Tabel 4.10 Parameter Filter untuk Bus MCC3	41
Tabel 4.11 <i>Result of Voltage Distortion for Main Bus</i>	43
Tabel 4.12 <i>Result of Voltage Distortion for Load Bus</i>	46
Tabel 4.13 Nilai I_{SC} dan I_L Bus Utama	50
Tabel 4.14 Nilai I_{SC} dan I_L Bus Beban	51
Tabel 4.15 Nilai THD _i Bus Utama	51
Tabel 4.16 Nilai THD _i Bus Beban	52

‘Halaman ini Sengaja di kosongkan’

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Gelombang Ideal (Sinusoida) dan Gelombang Harmonisa	5
Gambar 2.2 Macam Filter Pasif Harmonisa.....	8
Gambar 2.3 Pemasangan Filter Harmonisa	9
Gambar 2.4 Rangkaian Filter <i>Single Tuned</i>	10
Gambar 2.5 Rangkaian Filter <i>Double Tuned</i>	11
Gambar 2.6 Rangkaian Filter <i>High Pass Type C</i>	16
Gambar 2.7 Segitiga Daya.....	19
Gambar 2.8 Perbaikan Faktor Daya.....	20
Gambar 3.1 Model Simulasi Sistem Distribusi Pabrik Tabang Coal Upgrading Plant (TCUP) Kalimantan Timur	21
Gambar 3.2 Grafik Spectrum Harmonic Bus 1	23
Gambar 3.3 Grafik Waveform Harmonic Bus 1	23
Gambar 3.4 Grafik Spectrum Harmonic Bus 25 kA	24
Gambar 3.5 Grafik Waveform Harmonic Bus 25 kA	24
Gambar 3.6 Grafik Spectrum Harmonic Bus Pumping Station.....	25
Gambar 3.7 Grafik Waveform Harmonic Bus Pumping Station.....	25
Gambar 3.8 Tabel Sumber Harmonisa.....	26
Gambar 3.9 Grafik Spectrum Harmonic Bus MCC1	27
Gambar 3.10 Grafik Waveform Harmonic Bus MCC1	28
Gambar 3.11 Grafik Spectrum Harmonic Bus MCC2	28
Gambar 3.12 Grafik Waveform Harmonic Bus MCC2	29
Gambar 3.13 Grafik Spectrum Harmonic Bus MCC3	29
Gambar 3.14 Grafik Waveform Harmonic Bus MCC3	30
Gambar 4.1 Hasil Simulasi Setelah Pemasangan <i>Multistage</i> Filter.....	42
Gambar 4.2 Grafik Spectrum Harmonic Bus 1	43
Gambar 4.3 Grafik Waveform Harmonic Bus 1	44
Gambar 4.4 Grafik Spectrum Harmonic Bus 25 kA	44
Gambar 4.5 Grafik Waveform Harmonic Bus 25 kA	45
Gambar 4.6 Grafik Spectrum Harmonic Bus Pumping Station.....	45

Gambar 4.7	Grafik Waveform Harmonic Bus Pumping Station	46
Gambar 4.8	Grafik Spectrum Harmonic Bus MCC1	47
Gambar 4.9	Grafik Waveform Harmonic Bus MCC1	47
Gambar 4.10	Grafik Spectrum Harmonic Bus MCC2.....	48
Gambar 4.11	Grafik Waveform Harmonic Bus MCC2	48
Gambar 4.12	Grafik Spectrum Harmonic Bus MCC3.....	49
Gambar 4.13	Grafik Waveform Harmonic Bus MCC3	49

RIWAYAT HIDUP



Luhtfi Fajarudin Fauzi Numsi dilahirkan di kota Nganjuk pada tahun 1986. Penulis ini menempuh jenjang awal pendidikan di SDN Payaman II Nganjuk, dilanjutkan ke SMPN 2 Nganjuk lalu ke SMAN 2 Nganjuk, dan menyandang predikat mahasiswa dari 2005-2008 di Politeknik Negeri Semarang bidang Studi Teknik Listrik dan menjadi mahasiswa Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember angkatan 2011 Program Lintas Jalur. Penulis ini mengambil bidang studi Teknik Sistem Tenaga.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Meningkatnya produksi suatu industri secara langsung mengakibatkan semakin tingginya kebutuhan energi listrik. Beban-beban yang dioperasikan pada industri saat ini biasanya terdapat beban *nonlinier*. Beban *nonlinier* memiliki bentuk gelombang yang non sinusoidal karena telah terdistorsi oleh arus harmonisa yang ditimbulkan oleh berbagai peralatan elektronik. Industri memiliki berbagai beban nonlinier penghasil harmonisa, seperti VSD (*variable speed drive*), *inverter* dan peralatan lainnya. Pada beban nonlinier selalu terdapat semikonduktor berupa konverter yang mengkonversikan tegangan bolak balik ke tegangan searah atau sebaliknya. Konverter-konverter ini mempunyai karakteristik nonlinier, sehingga merupakan sumber harmonisa. Tingginya tingkat kandungan harmonisa yang terdapat pada beban listrik atau pada sistem distribusi tenaga listrik, dapat menyebabkan faktor daya sistem menjadi lebih rendah, bentuk gelombang tegangan terdistorsi, rugi-rugi daya meningkat, pemanasan lebih pada peralatan, dan penggunaan energi listrik menjadi tidak efisien.

Segala cara dilakukan untuk mengurangi masalah harmonisa. Umumnya terdapat tiga cara pemasangan filter untuk meredam harmonisa, antara lain *single tuned filter*, *double tuned filter* dan *high pass band filter*. Dari ketiganya, *Single tuned filter* adalah filter yang paling sering digunakan karena desainnya yang sederhana. Selanjutnya untuk penempatan filter ini, digunakan *harmonic similarity* yang berguna melindungi *sensitive load* dari bahaya harmonisa. *Sensitive load* adalah beban yang terkena dampak harmonisa harmonisa secara langsung meskipun tidak terpasang sumber harmonisa didalamnya .

Setelah itu dilakukan simulasi dan analisa untuk dapat mendesain dan menempatkan *single tuned filter*. Dari ketiga hal yang dilakukan tersebut, diharapkan pemasangan *single tuned filter* dapat secara efisien mengurangi harmonisa dan melindungi *sensitive load* dari dampak harmonisa yang berbahaya.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Permasalahan yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Bagaimana prinsip kerja *Multistage Filter Single Tuned*
2. Bagaimana cara mendisain *Multistage Filter Single Tuned* untuk mengatasi harmonisa

1.3 TUJUAN

Tujuan yang akan dicapai pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui prinsip kerja *Multistage Filter Single Tuned*
2. Mendisain *Multistage Filter Single Tuned* pada sistem *Tabang Colt Upgrading Plant* (TCUP) Kalimantan Timur

1.4 BATASAN MASALAH

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, permasalahan diatas dibatasi dengan asumsi-asumsi agar tidak menyimpang dari permasalahan. Asumsi-asumsi tersebut adalah sebagai berikut :

1. Masukan yang digunakan adalah data bus dan data saluran pada sistem kelistrikan *Tabang Coal Upgrading Plant* (TCUP) Kalimantan Timur
2. Mendisain *Multistage Filter Single Tuned*
3. Simulasi dan analisa dilakukan menggunakan program *Etap 7*.

1.5 METODOLOGI

Metodelogi yang digunakan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Persiapan dan studi literatur.

Tahap pertama dalam penyelesaian Tugas Akhir ini adalah pengumpulan literatur yang berhubungan dengan topik Tugas Akhir. Literatur-literatur yang digunakan berasal dari jurnal, tesis, prosiding, dan buku.

2. Pengumpulan data

Data yang dibutuhkan berupa tegangan harmonisa tiap bus, data daya beban, data pembebanan, dan *pf* tiap bus.

3. Perhitungan komponen *filter single tuned*

Setelah diketahui data tegangan harmonisa tiap bus dari simulasi menggunakan *Etap 7* maka data tersebut diolah dan digunakan untuk perhitungan komponen *filter single tuned* pada program *Etap 7*.

4. Analisis data

Data yang diperoleh dari hasil simulasi akan dianalisa untuk mengetahui apakah dimasing-masing bus masih terdapat harmonisa.

5. Penyusunan dan penulisan buku Tugas Akhir.

Penulisan laporan dilakukan sebagai penggambaran kesimpulan dari Tugas Akhir ini. Kesimpulan tersebut merupakan jawaban dari permasalahan yang dianalisa.

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan dalam Tugas Akhir ini terdiri atas lima bab dengan uraian sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang penjelasan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi, sistematika pembahasan, dan relevansi.

BAB II : DASAR TEORI

Bab ini membahas tentang teori-teori penunjang yang didapat dari referensi dalam daftar pustaka. Teori penunjang ini sebagai acuan dan pedoman untuk pengerjaan Tugas Akhir ini.

BAB III : IDENTIFIKASI SUMBER HARMONISA UNTUK MENENTUKAN LOKASI FILTER DAN MENYUSUN FILTER

Bab ini membahas tentang bagaimana menentukan lokasi pemasangan filter dengan cara

mengidentifikasi sumber harmonisa yang ada pada plant tabang coal.

BAB IV : SIMULASI DAN ANALISIS

Bab ini membahas tentang hasil simulasi analisis *harmonic* dan mendisain serta memasang filter single tuned di tiap-tiap bus yang terdapat harmonisa dengan menggunakan program *ETAP*.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil pembahasan yang telah dilakukan.

1.7 RELEVANSI

Mengingat kebutuhan akan energi listrik di industri yang terus meningkat, dan semakin banyaknya penggunaa beban-beban non linier, maka perlu dilakukan cara untuk melindungi *sensitive load* dari bahaya harmonisa. Sangatlah penting untuk melindungi *sensitive load* agar beban tersebut dapat bekerja secara normal dan tidak mengalami kerusakan. Dari pembahasan ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut .

1. Menjadi referensi bagi perusahaan industri dalam menentukan/pemilihan tempat pemasangan filter pasif agar lebih efisien.
2. Menjadi referensi untuk penelitian berikutnya agar lebih dikembangkan untuk mengoptimalkan pemasangan filter pasif harmonisa.

BAB II DASAR TEORI

2.1. Harmonisa

Harmonisa secara umum disebabkan karena adanya sumber harmonisa pada suatu sistem kelistrikan, selain itu juga dipengaruhi letak sumber harmonisa dan sifat dari jaringan listrik itu sendiri. Berikut akan dijelaskan beberapa efek harmonisa yang dominan pada sistem kelistrikan. Harmonisa adalah distorsi periodik dari gelombang sinus tegangan, arus atau daya dengan bentuk gelombang yang frekuensinya merupakan kelipatan diluar bilangan satu terhadap frekuensi fundamental (frekuensi 50 Hz atau 60 Hz). Nilai frekuensi dari gelombang harmonisa yang terbentuk merupakan hasil kali antara frekuensi fundamental dengan bilangan harmonisanya (f , $2f$, $3f$, dst). Bentuk gelombang yang terdistorsi merupakan penjumlahan dari gelombang fundamental dan gelombang harmonisa (h_1 , h_2 , dan seterusnya) pada frekuensi kelipatannya. Semakin banyak gelombang harmonisa yang diikutsertakan pada gelombang fundamentalnya, maka gelombang akan semakin mendekati gelombang persegi atau gelombang akan berbentuk non sinusoidal



Gambar 2.1: Gelombang Ideal (Sinusoida) Dan Gelombang Harmonisa

Penyebab terjadinya gelombang harmonisa ini adalah penggunaan beban-beban non linier pada sistem tenaga yang menimbulkan distorsi pada bentuk gelombang sinus. Beberapa contoh dari beban non linier yaitu : adaptor dari notebook, televisi, mesin – mesin sinkron, alat penambah daya akan semakin menambah harmonisa pada arus listrik sehingga THD yang di hasilkan semakin besar.

Beberapa akibat dari harmonisa yaitu :

1. Rusaknya peralatan listrik
2. Terbakarnya kabel / konduktor penghantar
3. Pada transformator daya menurun, bertambahnya losses
4. Pada motor listrik terjadi overheat
5. Pada alat ukur kWH meter elektromekanis terjadi kesalahan pengukuran
6. Kegagalan fungsi relay

Standar IEEE 519-1992 adalah standar yang digunakan untuk pengendalian harmonik pada sistem tenaga listrik. Dalam standar ini dijelaskan batasan gelombang harmonik untuk pengguna perorangan dengan rentang tegangan 120 V sampai dengan 69000 V. Rentang tersebut biasanya digunakan untuk perumahan, perkantoran dan fasilitas umum lainnya. Batasan untuk distorsi harmonik arus yang diperbolehkan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.1 : Batasan Distorsi Arus untuk Sistem Distribusi Umum
Berdasarkan IEEE 519-1992

Distorsi Harmonik Maksimum dalam Persen dari I_L						
I_{SC} / I_L	<11	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	≤ 35	TDD
<20*	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20<50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50<100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100<1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	2.0

PCC adalah titik antara ujung dari pengguna atau pelanggan dengan sistem peralatan dimana pelanggan lain dilayani. PCC dapat

bertempat pada sisi primer atau sekunder dari transformator tergantung pada keduanya dengan catatan tidak ada pelanggan lain yang disuplai oleh transformator tersebut. Selain pada arus, distorsi harmonik juga dapat terjadi pada tegangan. Tabel di bawah menunjukkan batas maksimum distorsi harmonik pada tegangan berdasarkan standar IEEE 519-1992.

Tabel 2.2 : Batasan Distorsi Harmonik Tegangan Berdasar IEEE 519-1992

Tegangan Saluran Pada PCC	Distorsi Tegangan Individu (%)	Jumlah Distorsi Tegangan THD (%)
69 kV dan di bawahnya	3.0	5.0
69.000,1 sampai 161 kV	1.5	2.5
161.000,1 dan di atasnya	1.0	1.5

Untuk mengatasi harmonisa, dapat dilakukan dengan menggunakan filter harmonisa. Tujuan pokok dari filter harmonisa adalah untuk mereduksi amplitudo frekuensi - frekuensi tertentu dari sebuah tegangan atau arus. Dengan penambahan filter harmonisa pada suatu sistem tenaga listrik yang mengandung sumber - sumber harmonisa, maka penyebaran arus harmonisa keseluruh jaringan dapat ditekan sekecil mungkin. Selain itu filter harmonisa pada frekuensi fundamental dapat mengkompensasi daya reaktif dan dipergunakan untuk memperbaiki faktor daya sistem. Selain itu penggunaan filter harmonisa pada frekuensi dasarnya 50 Hz dapat mengkompensasi daya reaktif dan memperbaiki faktor daya

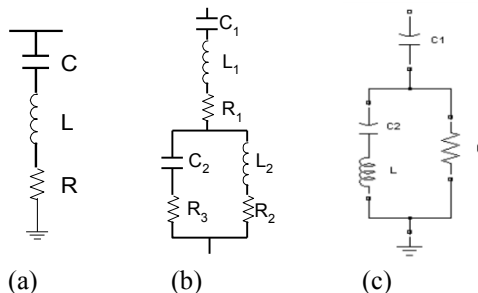
mencapai rata-rata 0.80 – 0.98. Filter harmonisa itu sendiri digolongkan menjadi 2, yaitu filter pasif dan filter aktif. Sesuai dengan judul dari tugas akhir ini maka akan kita bahas tentang filter pasif khusus nya filter sigle tuned.

2.2 Filter Pasif

Filter pasif bekerja dengan menghilangkan harmonisa dengan frekusensi tertentu. Filter ini tidak dapat menghilangkan seluruh frekuensi harmonisa yang ada. Komponen utama dari filter ini adalah inductor dan kapasitor. Inductor dan kapsitor yang digunakan pada filter pasif dipilih yang memiliki nilai yang ketika terjadi resonasi, maka frekuensi resonansi tersebut terjadi ketika tepat pada frekuensi harmonisa yang ingin di hilangkan. Resonansi mengakibatkan inductor dan kapasitor akan saling menghilangkan. Sehingga bila rangkaiian filter akan bertindak sebagai short circuit. Ketika terjadi short circuit, maka harmonisa pada frekuensi resonansi akan di buang ke ground.

Filter pasif harmonisa secara garis besar dapat dibagi menjadi tiga jenis, antara lain :

- a. *Single Tuned filter Type*
- b. *Double Tuned Filter Type*
- c. *High Pass Damped Filter Type*

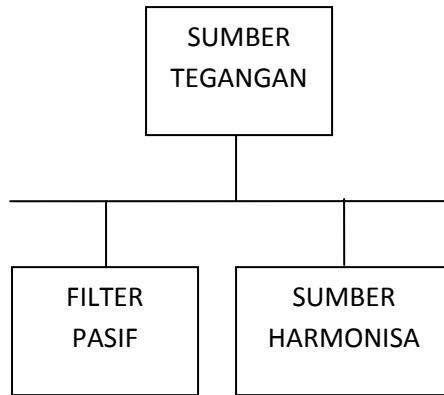


Gambar 2.2. Macam Filter Pasif Harmonisa

(a) *Single tuned filter* (b) *Double tuned filter* (c) *High pass filter*

Gambar 2.2. menjelaskan tentang komponen filter yang sering/umum digunakan di masyarakat.

Untuk pemasangan filter sendiri agar lebih efektif meredam harmonisa maka di pasang di dekat sumber harmonisa untuk lebih jelasnya dapat di lihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 2.3. Pemasangan Filter Harmonisa

2.2.1 Single Tuned Filter

Filter dengan penalaan tunggal ditala pada salah satu orde harmonisa (pada orde frekuensi rendah). Filter ini terdiri dari rangkaian seri kapasitor, reaktor dan resistor. Impedansi dari rangkaian Gambar 2.4.a. dinyatakan dalam persamaan :

$$Z(w) = R + j \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right) \dots\dots\dots(2.1)$$

Faktor kualitas Q filter didefinisikan sebagai perbandingan antara induktansi atau kapasitansi pada resonansi dengan resistansi.

$$Q = \frac{X_0}{R} \dots\dots\dots(2.2)$$

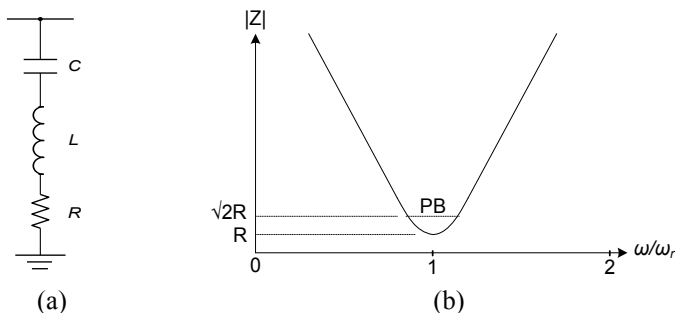
Pada frekuensi resonansi nilai reaktansi induktor atau kapasitor sebagai berikut :

$$X_0 = \omega_n L = \frac{1}{\omega_n C} = \sqrt{\frac{L}{C}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Seperti yang telah ditunjukkan dalam Gambar 2.4.b, *pass band* (PB) menyatakan batas frekuensi filter sama dengan nilai resistansi. Besar nilai impedansi sama dengan $\sqrt{2} R_0$. Sedangkan hubungan faktor kualitas dan pass band (PB) dinyatakan sebagai berikut :

$$Q = \frac{W_0}{PB} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan W_0 adalah penalaan frekuensi dalam rad/sec.



Gambar 2.4 : Rangkaian Filter *Single Tuned*
 (a) Rangkaian Filter Penalaan Tunggal (b) Grafik Impedansi Terhadap Frekuensi Filter Penalaan Tunggal

Rangkaian filter ini mempunyai impedansi yang rendah pada frekuensi resonansinya. Sebuah shunt filter dikatakan ditala pada sebuah frekuensi, jika pada frekuensi tersebut reaktansi induktif dan kapasitifnya sama dengan nol. Kualitas sebuah filter (Q) ditentukan dari ketajaman pada penalaannya. Filter dengan Q yang tinggi ditala secara tajam pada satu frekuensi harmonisa yang rendah (contohnya ke-5) dan nilai yang umum diantara 30 dan 60. Filter dengan Q yang rendah biasanya dalam batas 0,5 sampai 5 memiliki impedansi yang rendah pada jangkauan frekuensi yang lebar[5].

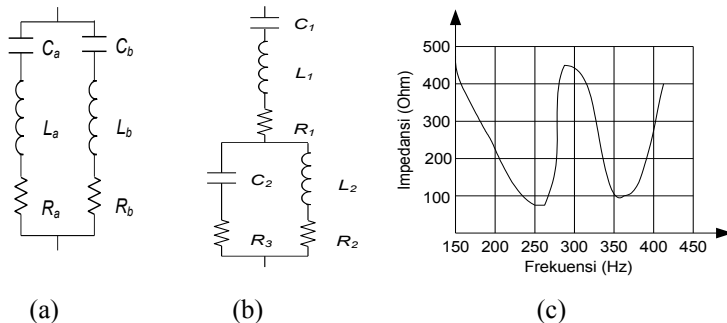
Kelebihan dari single tuned filter yaitu :

1. Dapat menurunkan harmonisa secara signifikan.
2. Dapat memperbaiki factor daya.

Kekurangan dari single tuned passive filter adalah hanya dapat menurunkan satu jenis harmonisa.

2.3.2 Double Tuned Filter

Sebuah impedansi ekivalen dari dua buah filter penalaan tunggal (ditunjukkan Gambar 2.5.a) yang memiliki frekuensi resonansi yang berdekatan. Konfigurasi sebuah filter penalaan ganda yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 b.



Gambar 2.5 Rangkaian Filter *Double Tuned*

(a) Transformasi dari Dua Buah Filter Penalaan Tunggal (b) Filter Penalaan Ganda (c) Impedansi Filter Penalaan Ganda yang ditala pada Orde Lima dan Tujuh

Double tuned passive filter mempunyai nilai impedansi yang kecil jika frekuensinya besar. Sehingga filter ini harus mempertimbangkan parameter kaitannya dengan frekuensi harmonisa. Beberapa aspek berkaitan dengan factor kualitas pada single tuned yaitu:

1. Tahanan R pada filter harmonisa single tuned adalah nilai tahanan dari kumparan reactor.
2. Tahanan R dapat juga digunakan untuk setiap factor kualitas dari filter dan menyediakan suatu cara untuk mengendalikan jumlah arus harmonisa yang diinginkan yang melaluinya.

3. Besar nilai Q menyiratkan mengenai frekuensi filter dan oleh karena itu filter dilakukan pada nilai paling besar dari frekuensi harmonisa.

Single tuned filter yang terdiri dari kapasitor (C) dihubungkan seri dengan inductor (L) dan tahanan (R). Penggunaan double tuned filter yaitu :

1. Biasanya digunakan pada High Voltage Direct Current (HVDC) stasiun modern pada system tegangan tinggi dimana kapasitor utama C_1 lebih besar agar lebih mudah untuk mengoptimalkan biaya /kVAR.
2. Menurunkan pembangkitkan daya reaktif di cabang transmisi tenaga yang lebih rendah.
3. Masing – masing filter pada dua harmonisa untuk mengurangi filter cabang dan rugi – rugi filter.

Kelebihan dari double tuned passive filter yaitu :

1. Terjadi resonansi pada impedansi yang sangat rendah.
2. Sangat efisien pada daerah frekuensi yang sempit.
3. Single tuned filter secara normal mampu mengeliminasi frekuensi harmonisa yang paling besar yaitu harmonisa ke 11 dan 13.
4. Lebih sensitive terhadap tuning yang tepat.
5. Dengan memberikan kapasitor utama yang besar maka kerja filter lebih optimal dan menurunkan biaya kVAR.
6. Double tuned filter merupakan model filter sederhana, dengan kriteria yang baik.

Kelemahan dari double tuned passive filter yaitu :

1. Membutuhkan kVAR yang tinggi untuk mencapai performance yang sama seperti single tuned filter.
2. Terjadi rugi – rugi daya tambahan pada resistor yang dipasang.

Langkah merancang double tuned passive filter yaitu :

- a. Menentukan nilai ΔQ untuk memperbaiki factor daya, perbaikan factor daya umumnya sekitaran 0.95 atau lebih tinggi lagi.

$$\Delta Q = P (\tan.\cos^{-1}\phi_{lama} - \tan.\cos^{-1}\phi_{baru}) \dots\dots\dots(2.5)$$

- b. Menghitung reaktansi kapasitor pada frekuensi fundamental yaitu :

$$XC_1 = \frac{V^2}{\Delta Q} \dots\dots\dots(2.6)$$

Sehingga C_1 diperoleh :

$$C_1 = \frac{1}{2\pi f x_c} \dots\dots\dots(2.7)$$

Selanjutnya daya reaktif Q_c dibagi untuk order 3 dan 5 yaitu Q_a dan Q_b dengan demikian nilai reaktansi masing – masing orde harmonisa menjadi:

$$XC_a = \frac{V^2}{\Delta Q_a} \text{ dan } XC_b = \frac{V^2}{\Delta Q_b} \dots\dots\dots(2.8)$$

Nilai kapasitor yaitu :

$$C_a = \frac{1}{2\pi f x_{c_a}} \text{ dan } C_b = \frac{1}{2\pi f x_{c_b}} \dots\dots\dots(2.9)$$

Sehingga

$$C_1 = C_a + C_b \dots\dots\dots(2.10)$$

- c. Menghitung nilai reactor yang digunakan untuk meredam harmonisa ke – n

$$XL = \frac{XC}{n^2} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dengan demikian nilai XL untuk untuk order 3 (XL_a) dan orde 5 (XL_b) masing – masing yaitu :

$$XL_a = \frac{XC_a}{n^2} \text{ dan } XL_b = \frac{XC_b}{n^2} \dots\dots\dots(2.12)$$

Nilai induktansi masing – masing orde harmonisa yaitu :

$$L_a = \frac{XL_a}{2\pi f_n} \text{ dan } L_b = \frac{XL_b}{2\pi f_n} \dots\dots\dots(2.13)$$

Sehingga diperoleh nilai L_1 pada rangkaian ekivalen double tuned yaitu:

$$L_1 = \frac{L_a L_b}{L_a + L_b} \dots\dots\dots(2.14)$$

- d. Menghitung tahanan reactor untuk enetukan nialai factor kualitas Q, dimana:

$$R = \frac{X_n}{Q} \dots\dots\dots(2.15)$$

Atau

$$R_a = \frac{2\pi f_n L_a}{Q} \text{ atau } R_b = \frac{2\pi f_n L_b}{Q} \dots\dots\dots(2.16)$$

Menentukan nilai tahanan R1 yaitu:

$$R_1 = \frac{2\pi f_n L_1}{Q} \dots\dots\dots(2.17)$$

Dan nilai Q diambil sebesar 100

Untuk menentukan nilai R2 dari rangkaian ekivalen double tuned yaitu:

$$R_2 = R_a \left[\frac{a^2(1-x^2)}{(1+ax)^2(1+x^2)} \right] - R_b \left[\frac{(1-x^2)}{(1+ax)^2(1+x^2)} \right] + R_1 \left[\frac{a(1-a)(1-x^2)}{(1+ax)^2(1+x^2)} \right] \quad (2.18)$$

- e. Menentukan kapasitas C_2 yaitu:

$$C_2 = \frac{C_a C_b (C_a + C_b) (L_a + L_b)^2}{(L_a C_a - L_b C_b)^2} \dots\dots\dots(2.19)$$

f. Besar L_2 yaitu

$$L_2 = \frac{(L_a C_a - L_b C_b)^2}{(C_a + C_b)^2 (L_a + L_b)} \dots\dots\dots (2.20)$$

g. Menentukan R_3 yaitu

$$R_3 = -R_a \left[\frac{a^2 x^4 (1-x^2)}{(1+ax^2)^2 (1+x^2)} \right] + R_b \left[\frac{(1-x^2)}{(1+ax^2)^2 (1+x^2)} \right] + R_1 \left[\frac{(1-x^2)(1-ax^2)}{(1+ax^2)^2 (1+x^2)} \right] \quad (2.21)$$

Dimana nilai a dan nilai x yaitu :

$$a = \frac{C_a}{C_b} \quad x = \sqrt{\frac{L_b C_b}{L_a C_a}} \dots\dots\dots (2.22)$$

2.2.3 High Pass Damped Filter tipe C

Untuk meredam harmonisa frekuensi rendah, type c filter tepat digunakan karena tidak ada rugi – rugi daya fundamental. Type C filter mempunyai dua kapasitor dengan sebuah kapasitor dihubung secara seri dengan resistor dan induktor. Dua kapasitor pada type C filter mempunyai kapasitansi dalam (μF). Di dalam perencanaan untuk menentukan sebuah high pass filter sebagai peredam harmonisa, maka ada beberapa aspek yang harus di pertimbangkan yaitu:

- a. Dari karakteristik yang terbentuk antara impedansi terhadap frekuensi, maka type C filter akan memerlukan suatu perhatian sangat khusus dibandingkan dengan single tuned filter.
- b. Peredaman arus harmonisa yang menggunakan type C filter memerlukan ukuran yang berbeda dengan single tuned filter.
- c. Double tuned filter merupakan filter yang sederhana dalam aplikasinya, filter tersebut dapat mengurangi rugi – rugi daya pada frekuensi dasar. Third orer filter memiliki kerugian operasi yang lebih besar dibandingkan dengan double tuned filter karena kurang efektif dalam merdam harmonisa.

Untuk menyederhanakan rancangan filter, kapasitor (C) dan induktor (L) dari type C filter terjadi resonansi seri pada frekuensi dasar untuk mengurangi kerugian daya pada frekuensi fundamental. Dimana pada gambar dapat di lihat bahwa kapasitor (C_1) di hubungkan seri dengan kapasitor (C_2) dan induktor (L_1), kemudian

induktor (L) dan kapasitor (C₂) di paralel dengan resistor (R) yang tujuannya untuk dumping filter.

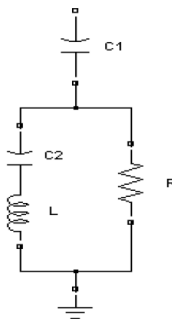
Type C filter merupakan pengembangan dari high pass filter order ke 3. faktor utama menentukan parameter komponen yaitu :

1. daya reaktif pada frekuensi fundamental.
2. kondisi resonansi.
3. frekuensi resonansi.
4. persyaratan peredaman.

Kelebihan type C passive filter yaitu:

1. type C filter dengan tahanan (R) sebagai damping menghasilkan kriteria yang baik dan tidak terjadi resonansi pada sembarang frekuensi.
2. rugi – rugi daya pada resistor rendah.
3. kinerja lebih baik di bandingkan third order filter.

Kelemahan dari type C passive filter yaitu terjadi penambahan biaya terhadap kapasitor. Karena menggunakan dua buah kapasitor.



Gambar 2.6 Rangkaian Filter *High Pass Type C*

Langkah merancang type C filter yaitu :

- a. Menentukan nilai ΔQ untuk memperbaiki factor daya, perbaikan factor daya umumnya sekitaran 0.95 atau lebih tinggi lagi.

$$\Delta Q = P (\tan.\cos^{-1}\phi_{lama} - \tan.\cos^{-1}\phi_{baru}) \dots\dots\dots(2.23)$$

- b. Menghitung reaktansi kapasitor pada frekuensi fundamental yaitu :

$$X_c = \frac{V^2}{\Delta Q} \dots\dots\dots(2.24)$$

$$C_1 = \frac{\Delta Q}{2\pi f V^2} \dots\dots\dots(2.25)$$

- c. Besar nilai C terhadap daya reaktif Q_c dengan tegangan V pada orde harmonisa ke n yaitu:

$$C_2 = (n^2 - 1) \times C_1 \dots\dots\dots(2.26)$$

- d. Besar nilai L terhadap daya reaktif Q_c dengan tegangan V pada orde harmonisa ke n yaitu:

$$L = \frac{V^2}{(n^2 - 1) \cdot 2\pi f \cdot \Delta Q} \dots\dots\dots(2.27)$$

- e. Besar nilai factor kualitas yaitu :

$$Q = \frac{R}{2\pi f_n L} \dots\dots\dots(2.28)$$

2.3 Komponen Penyusun Filter

Komponen penyusun filter di rencanakan dengan mengetahui rating tegangan fundamental beserta harmonisnya. Setelah rating arus dan tegangan dari resistor, inductor dan kapasitor dapat dicari/ditentukan melalui perhitungan.

Dalam rangka menentukan komponen penyusun filter, harus diperhatikan beberapa hal, antara lain :

1. Tegangan fundamental tertinggi.
2. Devisiasi frekuensi tertinggi.
3. Arus harmonisa dari sumber harmonisa.
4. Resonansi yang mungkin terjadi antara filter dengan sistem.

2.3.1 Resistor

Resistor yang digunakan dalam rangkaian filter ditentukan berdasarkan Q yang ditentukan. Hal ini sudah dijelaskan pada subbab sebelumnya. Selain itu resistor tersebut harus mampu untuk menahan arus harmonisa yang melewati resistor pada filter tersebut.

2.3.2 Kapasitor

Dalam menentukan nilai kapasitor terpasang dalam suatu filter pasif harmonisa harus memperhatikan beberapa hal, antara lain :

1. Koefisien suhu dari kapasitor yang akan digunakan.
2. Daya reaktif kapasitor.
3. Rugi-rugi daya.
4. Keandalan kapasitor.
5. Harga kapasitor.

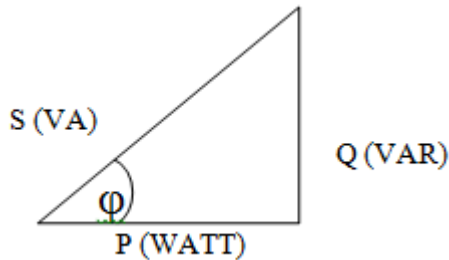
Pada kapasitor diharapkan memiliki koefisien suhu yang rendah untuk menghindari perubahan nilai kapasitansi dari kapasitor akibat perubahan suhu lingkungan. Karena pemanasan berlebih akan menyebabkan kerusakan dielektrik kapasitor itu sendiri. Untuk total rating kVAR dari kapasitor merupakan penjumlahan daya reaktif dari frekuensi yang ditala.

2.3.3 Induktor

Dalam rangkaian filter, nilai inductor ditentukan mampu menahan selubung frekuensi tinggi yaitu rugi-rugi histerisis dan efek kulit. Maka dari itu harus diperhatikan perhitungan yang cermat dalam mencari nilai inductor terpasang. Bahan inti non-magnetik lebih baik digunakan pada filter sedangkan untuk rating inductor tergantung pada arus rms maksimum serta mempertimbangkan level isolasi agar inductor tahan terhadap suja hubung.

2.4 Faktor Daya

Faktor daya ($\cos \phi$) dimana ϕ (ϕ) adalah sudut antara daya total (S) dengan daya aktif (P). Faktor yang mempengaruhi faktor daya adalah daya reaktif. Daya reaktif yang tinggi dapat mengakibatkan sudut antara daya aktif dan daya total menjadi besar sehingga nilai faktor daya menjadi kecil.



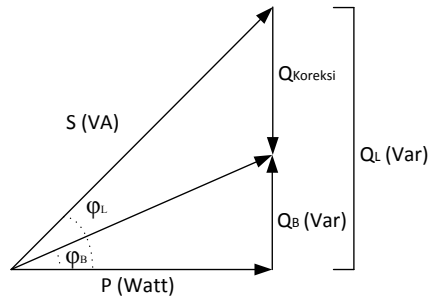
Gambar 2.7 Segitiga Daya

$$|S| = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{(V \cdot I \cdot \cos \phi) + (V \cdot I \cdot \sin \phi)} \dots\dots\dots(2.29)$$

$$\cos \phi = pf = \frac{P}{S} \dots\dots\dots(2.30)$$

$$\phi = \cos^{-1} pf \dots\dots\dots(2.31)$$

Salah satu cara untuk memperbaiki faktor daya adalah dengan memasang kompensasi kapasitif menggunakan kapasitor pada jaringan tersebut. Kapasitor adalah komponen listrik yang justru menghasilkan daya reaktif pada jaringan dimana dia tersambung. Pada jaringan yang bersifat induktif dengan segitiga daya seperti ditunjukkan pada Gambar 2.6, apabila kapasitor dipasang maka daya reaktif yang harus disediakan oleh sumber akan berkurang sebesar Q_{koreksi} (yang merupakan daya reaktif berasal dari kapasitor). Karena daya aktif tidak berubah sedangkan daya reaktif berkurang, maka dari sudut pandang sumber, segitiga daya yang baru diperoleh; ditunjukkan pada Gambar 2.7 terlihat bahwa sudut ϕ mengecil akibat pemasangan kapasitor tersebut sehingga faktor daya jaringan akan naik.



Gambar 2.8 Perbaikan Faktor Daya

Dari gambar 2.7 dapat di turunkan persamaan perbaikan factor daya nya sebagai berikut.

$$\tan \varphi = \frac{Q}{P} \dots\dots\dots (2.32)$$

$$Q = P. \tan \varphi \dots\dots\dots (2.33)$$

$$Q_{\text{koreksi}} = Q_L - Q_B \dots\dots\dots (2.34)$$

$$Q_{\text{koreksi}} = P. \tan \varphi_L - P. \tan \varphi_B \dots\dots\dots (2.35)$$

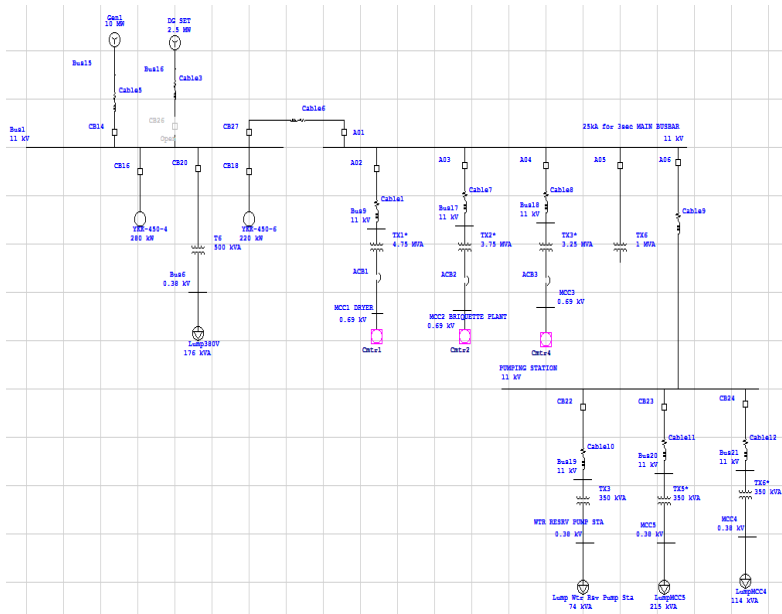
$$Q_{\text{koreksi}} = P. (\tan \varphi_L - \tan \varphi_B) \dots\dots\dots (2.36)$$

BAB III

IDENTIFIKASI SUMBER HARMONISA UNTUK MENENTUKKAN LOKASI FILTER DAN MENYUSUN FILTER

3.1. Single Line Diagram

Single line diagram yang digunakan untuk studi strategi peletakan filter adalah *single line diagram* pabrik *Tabang Coal Upgrading Plant (TCUP)* Kalimantan Timur dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Model Simulasi Sistem Distribusi Industri Pabrik *Tabang Coal Upgrading Plant (TCUP)* Kalimantan Timur.

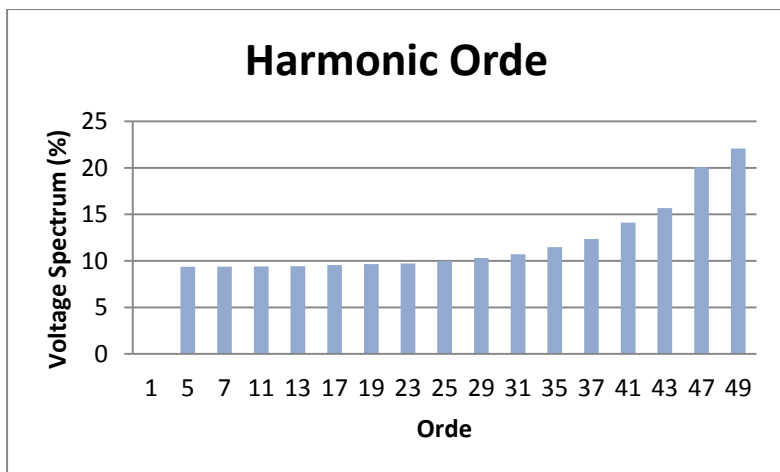
3.2. Simulasi Tegangan Distorsi

Simulasi dari Total Harmonic Distorsi (THD) pada pabrik *Tabang Coal Upgrading Plant (TCUP)* Kalimantan Timur, dilakukan pada beban bus tegangan medium 11 kV dan pada beban bus tegangan rendah 0.69 kV. Hasilnya terlihat bahwa level tegangan harmonik pada pabrik *Tabang Coal Upgrading Plant (TCUP)* Kalimantan Timur di atas limit yang ditetapkan oleh IEEE yaitu 5%. Tabel dari simulasi semua bus untuk load flow harmonik dapat dilihat di bawah ini :

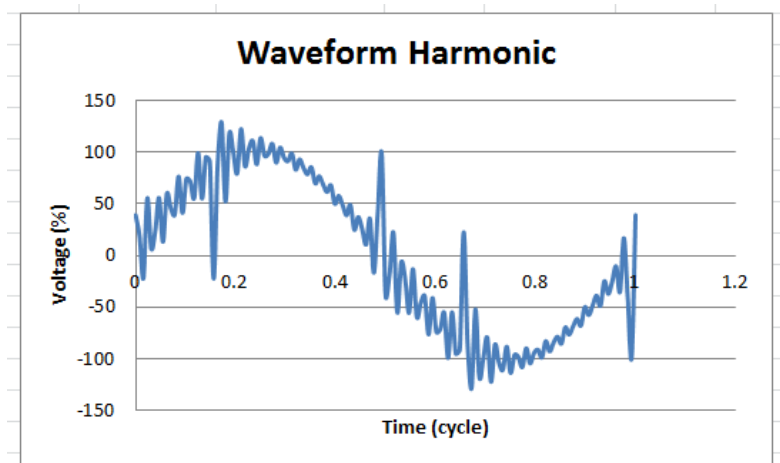
Tabel 3.1. *Result of Voltage Distortion for Main Bus*

BUS ID	RATED KV	THD _V (%)		Condition
		Standard	Result	
Bus 1	11	5	34.40	NOT OK
25 kA for 3sec MAIN BUSBAR	11	5	34.86	NOT OK
PUMPING STATION	11	5	35.51	NOT OK

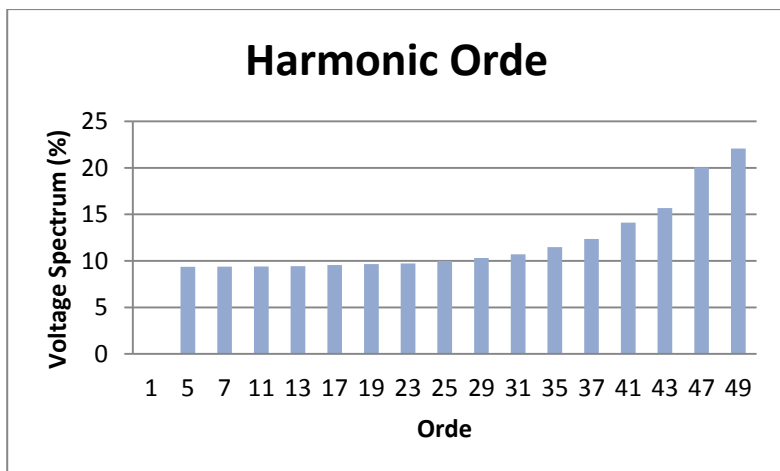
Dari tabel 3.1 terlihat bahwa semua bus memiliki THD diatas 5% sesuai dengan standart IEEE pada gambar di bawah ini akan ditunjukkan bagaimana bentuk harmonic order dan waveform



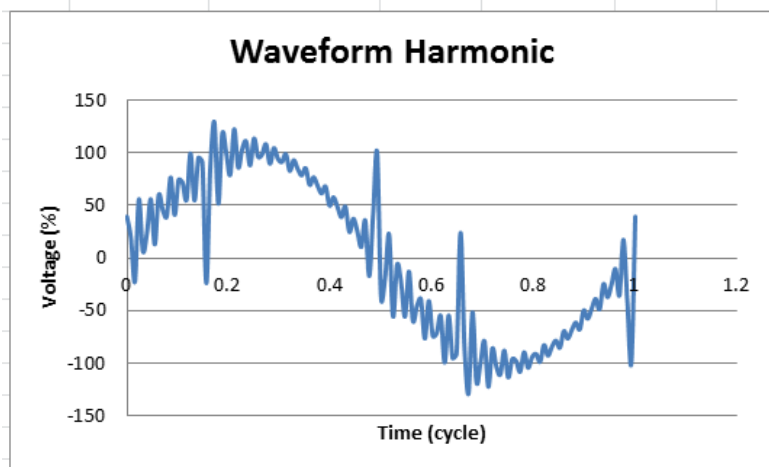
Gambar 3.2 Grafik Spectrum Harmonic Bus 1



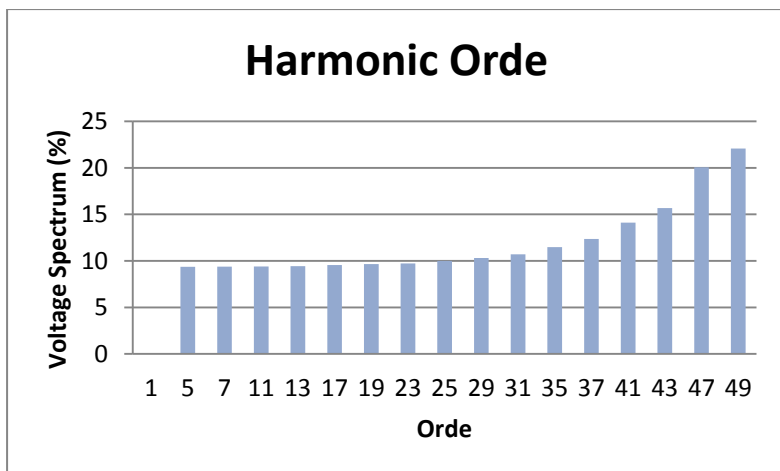
Gambar 3.3 Grafik Waveform Harmonic Bus 1



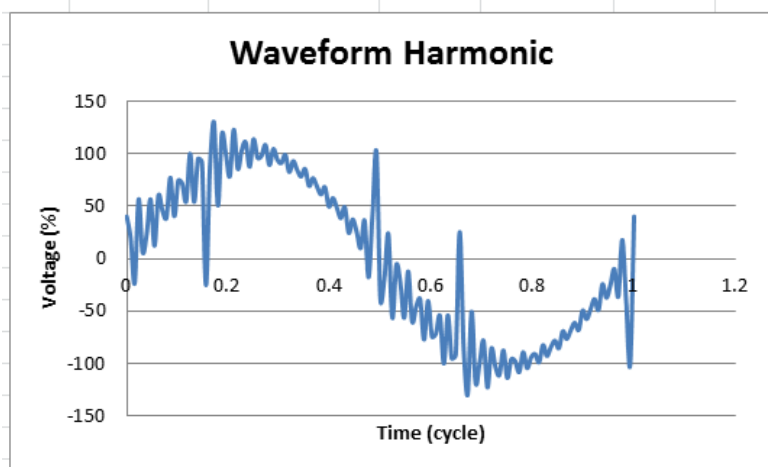
Gambar 3.4 Grafik Spectrum Harmonic Bus 25 kA



Gambar 3.5 Grafik Waveform Harmonic Bus 25 kA



Gambar 3.6 Grafik Spectrum Harmonic Bus Pumping Station



Gambar 3.7 Grafik Waveform Harmonic Bus Pumping Station

Pada gambar di bawah ini akan di tunjukan darimana asal dari sumber harmonisa tersebut

Harmonic Source from Library

Bus ID	Device ID	Harmonic Source Information		
		Type	Manufacturer	Model
MCC1 DRYER	VFD6	Current	Typical-IEEE	6 Pulse
MCC1 DRYER	VFD7	Current	Typical-IEEE	6 Pulse
MCC1 DRYER	VFD8	Current	Typical-IEEE	6 Pulse
MCC1 DRYER	VFD10	Current	Typical-IEEE	6 Pulse
MCC1 DRYER	VFD11	Current	Typical-IEEE	6 Pulse
MCC1 DRYER	VFD17	Current	Typical-IEEE	6 Pulse
MCC1 DRYER	VFD18	Current	Typical-IEEE	6 Pulse
MCC1 DRYER	VFD20	Current	Typical-IEEE	6 Pulse
MCC1 DRYER	VFD23	Current	Typical-IEEE	6 Pulse
MCC1 DRYER	VFD32	Current	Typical-IEEE	6 Pulse
MCC1 DRYER	VFD34	Current	Typical-IEEE	6 Pulse
MCC1 DRYER	VFD36	Current	Typical-IEEE	6 Pulse
MCC2 BRIQUETTE PLANT	VFD40	Current	Typical-IEEE	6 Pulse
MCC2 BRIQUETTE PLANT	VFD41	Current	Typical-IEEE	6 Pulse
MCC2 BRIQUETTE PLANT	VFD42	Current	Typical-IEEE	6 Pulse
MCC2 BRIQUETTE PLANT	VFD45	Current	Typical-IEEE	6 Pulse
MCC2 BRIQUETTE PLANT	VFD46	Current	Typical-IEEE	6 Pulse
MCC2 BRIQUETTE PLANT	VFD49	Current	Typical-IEEE	6 Pulse
MCC2 BRIQUETTE PLANT	VFD54	Current	Typical-IEEE	6 Pulse
MCC2 BRIQUETTE PLANT	VFD55	Current	Typical-IEEE	6 Pulse
MCC2 BRIQUETTE PLANT	VFD56	Current	Typical-IEEE	6 Pulse
MCC3	VFD67	Current	Typical-IEEE	6 Pulse
MCC3	VFD68	Current	Typical-IEEE	6 Pulse
MCC3	VFD69	Current	Typical-IEEE	6 Pulse
MCC3	VFD70	Current	Typical-IEEE	6 Pulse
MCC3	VFD71	Current	Typical-IEEE	6 Pulse
MCC3	VFD73	Current	Typical-IEEE	6 Pulse
MCC3	VFD74	Current	Typical-IEEE	6 Pulse
MCC3	VFD75	Current	Typical-IEEE	6 Pulse
MCC3	VFD76	Current	Typical-IEEE	6 Pulse

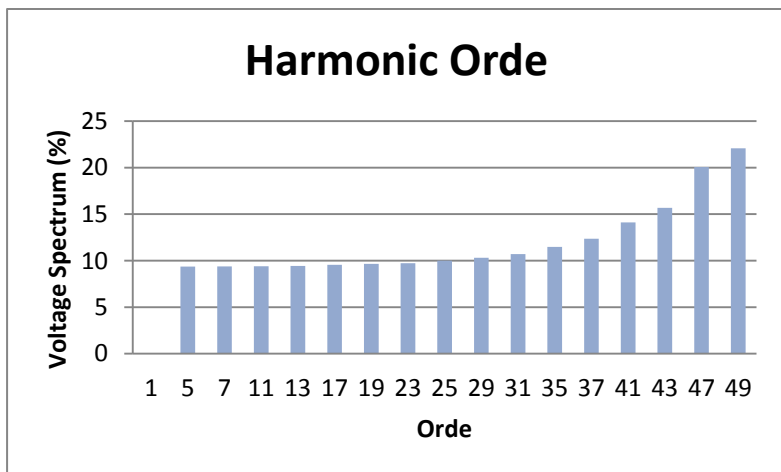
Gambar 3.8. Tabel Sumber Harmonisa

Dari gambar tabel di atas dapat di lihat bahwa sumber harmonisa terdapat pada bus MCC1 DRIVER, MCC2 BRIQUETTE dan MCC3 yang berasal dari VFD. Pada VFD tersebut harmonic yang terbesar adalah pada orde ke 5 dengan typical IEEE 6 pulse. Untuk lebih jelasnya berapa THD_V pada load bus dapat di lihat pada tabel di bawah ini.

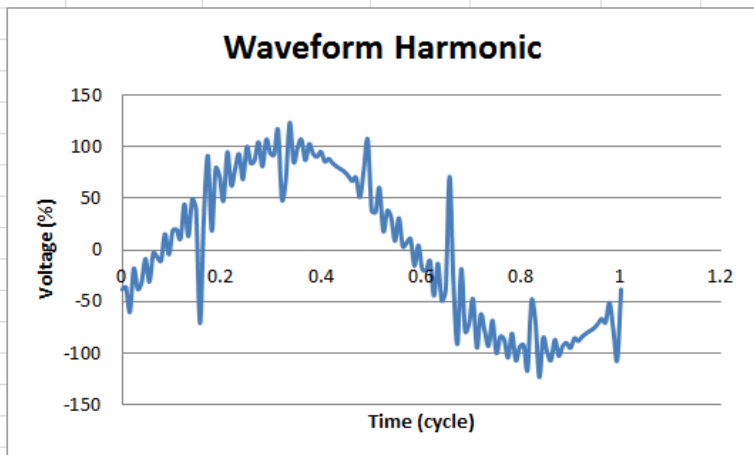
Tabel 3.2. *Result of Voltage Distortion for Load Bus*

BUS ID	RATED KV	THD _V (%)		Condition
		Standard	Result	
MCC1	0.69	5	29.83	NOT OK
MCC2	0.69	5	46.37	NOT OK
MCC3	0.69	5	50.43	NOT OK

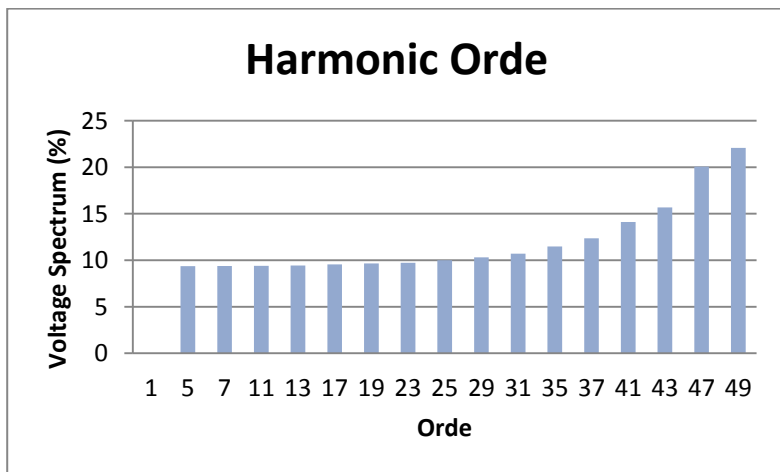
Dari tabel 3.2 terlihat bahwa semua bus memiliki THD diatas 5% sesuai dengan standart IEEE pada gambar di bawah ini akan di tunjukan bagaimana bentuk harmonic order dan waveform



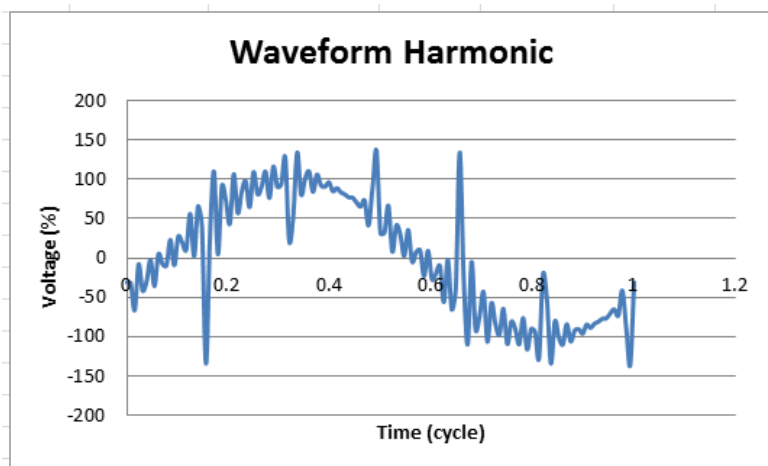
Gambar 3.9 Grafik Spectrum Harmonic Bus MCC1



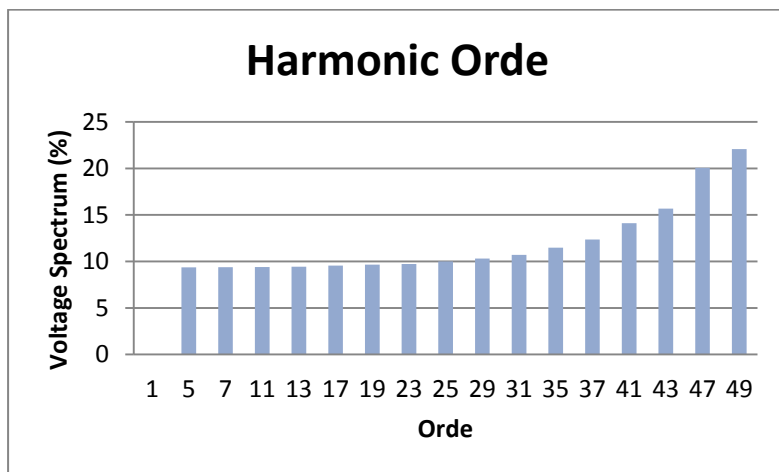
Gambar 3.10 Grafik Waveform Harmonic Bus MCC1



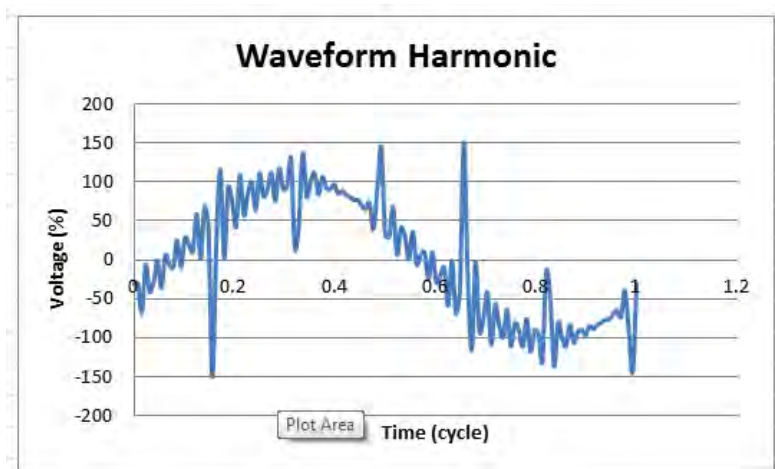
Gambar 3.11 Grafik Spectrum Harmonic Bus MCC2



Gambar 3.12 Grafik Waveform Harmonic Bus MCC2



Gambar 3.13 Grafik Spectrum Harmonic Bus MCC3



Gambar 3.14 Grafik Waveform Harmonic Bus MCC3

Dari data grafik diatas dapat di simpulkan bahwa penyumbang harmonisa terbesar adalah dari VFD (variable frekuensi drive). VFD sendiri pada system ini berfungsi untuk mengatur kecepatan putaran motor dengan cara mengubah frekuensi listrik yang sesuai dengan kecepatan yang diinginkan. VFD sendiri terdiri dari rangkaian rectifier dan inverter. Dimana pada case ini rangkaian tersebut memiliki typical 6 pulse.

3.3. Penyusun Filter Pasif *Single Tuned*

Sebelum merancang *filter pasif single tuned* perlu di ketahui dahulu berapa diketahui dahulu nilai dari daya aktif (P) dan faktor daya (PF) pada perancangan *multistage* direncanakan akan di pasang pada bus – bus yang mengalami masalah harmonisa. Dengan menggunakan analisa *load flow* kita dapat mengetahui nilai daya aktif dan juga persentase dari faktor daya dari masing – masing bus yang terdapat sumber harmonisa.

Tabel 3.4. Tabel Daya Aktif dan Faktor Daya tiap Bus yang terdapat Sumber Harmonisa

Nama Bus	Daya Aktif (kW)	Prosentase Faktor Daya (%)
25 kA for 3sec MAIN BUSBAR	8410	90
MCC1 DRYER	3057	91.3
MCC2 BRIQUETTE PLANT	2678	92.1
MCC3	2343	92

Setelah mendapatkan nilai daya aktif dan nilai prosentase faktor daya dari bus tegangan menengah tersebut, maka sudah dapat dilakukan perancangan filter single tuned pada bus – bus tersebut.

Pertama dihitung nilai Q kompensasinya. Nilai Q kompensasi ini didapat dari perhitungan di bawah ini :

$$Q_C = P(\tan.\cos^{-1}\varphi_{lama} - \tan.\cos^{-1}\varphi_{baru})$$

dimana : Q_C = Daya Reaktif Kompensasi (kVar)

P = Daya Aktif (kW)

θ_{lama} = Faktor Daya Sistem

θ_{baru} = Faktor Daya yang diinginkan

Setelah didapat nilai Q kompensasinya, dapat dihitung nilai reaktansi kapasitornya dengan rumus perhitungan sebagai berikut :

$$X_C = \frac{V^2}{Q_C}$$

dimana : X_C = Reaktansi Kapasitor (Ohm)

V = Tegangan pada Bus (Volt)

Q_C = Daya Reaktif Kompensasi (kVar)

Setelah didapat nilai reaktansi kapasitornya, dapat dihitung nilai kapasitornya dengan rumus perhitungan sebagai berikut :

$$C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot X_C}$$

dimana : C = Kapasitor (Farad)
 f = Frekuensi 50 Hz
 X_C = Reaktansi Kapasitor (Ohm)

Setelah didapat nilai kapasitornya, dapat dihitung nilai induktornya. Nilai induktor didapat dengan menyamakan frekuensi antara nilai reaktansi kapasitornya dan nilai reaktansi induktornya, dengan menggunakan nilai frekuensi harmonisanya. Berikut adalah rumus perhitungan untuk mencari nilai induktor :

$$X_C = X_L$$

$$\frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = 2\pi \cdot f \cdot L$$

$$L = \frac{1}{(2\pi \cdot f)^2 \cdot C}$$

dimana : X_C = Reaktansi Kapasitor (Ohm)
 X_L = Reaktansi Induktor (Ohm)
 C = Nilai Kapasitor (Farad)
 f = Frekuensi Harmonisa (Hz)
 L = Nilai Induktor (Henry)

Setelah didapat nilai induktornya, dapat dihitung nilai reaktansi induktornya. Nilai reaktansi induktor ini didapat dengan mengembalikan nilai frekuensinya ke frekuensi sistem normal yaitu 50 Hz. Berikut adalah rumus perhitungan untuk mencari nilai reaktansi induktor :

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L$$

dimana : X_L = Reaktansi Induktor (Ohm)
 f = Frekuensi 50 Hz
 L = Nilai Induktor (Henry)

Kualitas sebuah filter (Q) ditentukan dari ketajaman pada penalaannya. Filter dengan Q yang tinggi ditala secara tajam pada

satu frekuensi harmonisa yang rendah (contohnya ke-5) dan nilai yang umum diantara 30 dan 60. Filter dengan Q yang rendah biasanya dalam batas 0,5 sampai 5 memiliki impedansi yang rendah pada jangkauan frekuensi yang lebar.

Faktor kualitas (Q) filter didefinisikan sebagai perbandingan antara induktansi (atau kapasitansi) pada saat resonansi dengan besarnya resistansi.

$$Q = \frac{X_0}{R}$$

Karena $X_C = X_L = X_0$ pada keadaan resonansi maka :

$$R = \frac{X_L}{Q}$$

‘Halaman ini Sengaja di Kosongkan’

BAB IV HASIL SIMULASI DAN ANALISA

Pada Bab ini akan di bahas bagaimana perencanaan multistage single tuned pada pabrik *Tabang Coal Upgrading Plant (TCUP)* Kalimantan Timur, dengan menggunakan simulasi pada software Etap 7.

4.1. Perhitungan Nilai Filter

Pada bab sebelumnya telah di di ketahui bus yang menjadi sumber harmonisa. Dan juga komponen – komponen dasar untuk menyusun filter single tuned yang di dapat melalu running load flow dan juga rerunning harmonisa pada software etap 7. Berikut perhitungan untuk mendapatkan nilai filter yang sesuai untuk meredam harmonisa pada sistem. Setelah di load flow terdapat 3 bus yang memiliki sumber harmonisa yaitu pada bus MCC1, MCC2 dan MCC3. Berikut langkah untuk merancang filter harmonisanya.

pada bab sebelumnya telah di bahas bahwa sumber harmonisa yang dominan disebabkan karena pengaruh dari VFD dengan typical 6 pulse. Untuk menyusun fiter

Tabel 4.1 *Significant Harmonic From Bridge Rectifier*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Fundamental	X																								
6-Pulse	X				X		X				X		X				X		X				X		X
12-Pulse	X										X		X									X			X
18-Pulse	X																X		X						
24-Pulse	X																						X		X

Berdasarkan tabel di atas karena pada TCUP beban harmonisa berasal dari VFD 6 pulse maka untuk menyusun multistage filter nya di susun untuk dapat meredam harmonisa pada orde 5,7,11,13,17 dan 19.

4.1.1 Perhitungan Nilai Filter Pada Bus MCC1

Dari hasil simulasi pada ETAP didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 4.2. Hasil *Load Flow* untuk Bus MCC1

P (MW)	PF
3057	91.3

Nilai Q yang dibutuhkan :

$$Q = P (\tan(\cos^{-1} \phi_{lama})) - \tan(\cos^{-1} \phi_{baru}))$$

$$Q = 3057 (\tan(\cos^{-1} 0.913)) - \tan(\cos^{-1} 0.92)$$

$$Q = 63.695 \text{ KVAR}$$

Setelah itu di cari nilai dari kapasitor nya (C)

$$X_c = \frac{V^2}{Q_c}$$

$$Q = V^2 \cdot X_c$$

$$Q = V^2 \cdot \omega_0 C$$

$$C = \frac{Q}{V^2 \cdot \omega_0}$$

$$C = \frac{63.716}{0.69^2 \cdot \omega_0}$$

$$C = 426.069 \mu F$$

Kemudian di cari nilai dari inductor (L) dikarenakan pada keadaan resonansi maka

$$X_C = X_L = X_O$$

$$\omega_n \cdot L = \frac{1}{\omega_n C}$$

$$L = \frac{1}{\omega_n^2 C}$$

$$L = \frac{1}{(2\pi 50.5)^2 426.209 \cdot 10^{-6}}$$

$$L = 9.521 \cdot 10^{-4} \text{ H}$$

$$\begin{aligned}
 X_L &= \omega_0 L \\
 X_L &= 2\pi 50.9521 \cdot 10^{-4} \\
 X_L &= 0.29899 \, \Omega
 \end{aligned}$$

Selanjut nya di cari nilai dari resistor (R)

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{X_0}{R} \\
 R &= \frac{0.29899}{45}
 \end{aligned}$$

$$R = 0.00664 \, \Omega$$

Selanjutnya dari nilai dari order yang lain dilakukan dengan cara yang sama dengan merubah pf nya sesuai dengan yang kita inginkan, maka setelah dilakukan perhitungan dan percobaan berulang kali di dapat hasil sebagai berikut:

Tabel 4.3. Perbaikan Faktor Daya untuk Bus MCC1

n	P (kW)	PF LAMA	PF BARU	TEGANGAN BUS (kV)	ΔQ (kVAR)
5	3057	91.3	92	0.69	63.695
7	3057	92	93	0.69	94.072
11	3057	93	94	0.69	98.660
13	3057	94	95	0.69	104.755
17	3057	95	97	0.69	238.631
19	3057	97	98	0.69	145.406

Tabel 4.4. Parameter Filter untuk Bus MCC1

n	Q (KVAR)	C (μF)	L (mH)	X_L (Ω)	Q	R (Ω)
5	63.695	426.209	0.952	0.289	45	0.0066
7	94.072	629.269	0.328	0.103	45	0.0023
11	98.660	659.959	0.127	0.039	45	0.0009
13	104.755	700.727	0.085	0.027	45	0.0006
17	238.631	1596.24	0.022	0.007	45	0.0002
19	145.406	972.646	0.013	0.004	45	0.0001

4.1.2 Perhitungan Nilai Filter Pada Bus MCC2

Dari hasil simulasi pada ETAP didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 4.5. Hasil *Load Flow* untuk Bus MCC2

P (MW)	PF
2678	92.1

Nilai Q yang dibutuhkan :

$$Q = P (\tan(\cos^{-1} \phi_{lama})) - \tan(\cos^{-1} \phi_{baru}))$$

$$Q = 31 (\tan(\cos^{-1} 0.921)) - \tan(\cos^{-1} 0.93)$$

$$Q = 74.321 \text{ KVAR}$$

Setelah itu di cari nilai dari kapasitor nya (C)

$$X_c = \frac{V^2}{Q_c}$$

$$Q = V^2 \cdot X_c$$

$$Q = V^2 \cdot \omega_0 C$$

$$C = \frac{Q}{V^2 \cdot \omega_0}$$

$$C = \frac{74.321}{0.69^2 \cdot \omega_0}$$

$$C = 497.15 \mu F$$

Kemudian di cari nilai dari inductor (L) dikarenakan pada keadaan resonansi maka

$$X_C = X_L = X_O$$

$$\omega_n \cdot L = \frac{1}{\omega_n C}$$

$$L = \frac{1}{\omega_n^2 C}$$

$$L = \frac{1}{(2\pi 50.5)^2 497.15 \cdot 10^{-6}}$$

$$L = 8.16 \cdot 10^{-4} \text{ H}$$

$$X_L = \omega_0 L$$

$$X_L = 2\pi 50 \cdot 8.16 \cdot 10^{-4}$$

$$X_L = 0.2562 \Omega$$

Selanjut nya di cari nilai dari resistor (R)

$$Q = \frac{X_0}{R}$$

$$R = \frac{0.2562}{45}$$

$$R = 0.0057 \Omega$$

Selanjutnya dari nilai dari order yang lain dilakukan dengan cara yang sama dengan merubah pf nya sesuai dengan yang kita inginkan, maka setelah dilakukan perhitungan dan percobaan berulang kali di dapat hasil sebagai berikut:

Tabel 4.6. Perbaikan Faktor Daya untuk Bus MCC2

n	P (kW)	PF LAMA	PF BARU	TEGANGAN BUS (kV)	ΔQ (kVAR)
5	2678	92.1	93	0.69	63.695
7	2678	93	94	0.69	94.072
11	2678	94	95	0.69	98.660
13	2678	95	96	0.69	104.755
17	2678	96	97	0.69	238.631
19	2678	97	98	0.69	145.406

Tabel 4.7. Parameter Filter untuk Bus MCC2

n	Q (KVAR)	C (μF)	L (mH)	X_L (Ω)	Q	R (Ω)
5	74.321	497.15	0.0816	0.256	45	0.0057
7	86.429	578.14	0.0358	0.112	45	0.0025
11	91.768	613.85	0.0137	0.043	45	0.0001
13	99.133	663.13	0.009	0.028	45	0.0006
17	109.91	735.23	0.005	0.015	45	0.0003
19	127.38	852.06	0.003	0.010	45	0.0002

4.1.3 Perhitungan Nilai Filter Pada Bus MCC3

Dari hasil simulasi pada ETAP didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 4.8. Hasil *Load Flow* untuk Bus MCC3

P (MW)	PF
2343	92

Nilai Q yang dibutuhkan :

$$Q = P (\tan(\cos^{-1} \phi_{lama})) - \tan(\cos^{-1} \phi_{baru})$$

$$Q = 31 (\tan(\cos^{-1} 0.92)) - \tan(\cos^{-1} 0.93)$$

$$Q = 72.101 \text{ KVAR}$$

Setelah itu di cari nilai dari kapasitor nya (C)

$$X_c = \frac{V^2}{Q_c}$$

$$Q = V^2 \cdot X_c$$

$$Q = V^2 \cdot \omega_0 C$$

$$C = \frac{Q}{V^2 \cdot \omega_0}$$

$$C = \frac{72.101}{0.69^2 \cdot \omega_0}$$

$$C = 482.3 \mu F$$

Kemudian di cari nilai dari inductor (L) dikarenakan pada keadaan resonansi maka

$$X_c = X_L = X_o$$

$$\omega_n \cdot L = \frac{1}{\omega_n C}$$

$$L = \frac{1}{\omega_n^2 C}$$

$$L = \frac{1}{(2\pi 50.5)^2 482.3 \cdot 10^{-6}}$$

$$L = 8.41 \cdot 10^{-4} \text{ H}$$

$$X_L = \omega_0 L$$

$$X_L = 2\pi 50.8.41 \cdot 10^{-4}$$

$$X_L = 0.2641 \Omega$$

Selanjut nya di cari nilai dari resistor (R)

$$Q = \frac{X_0}{R}$$

$$R = \frac{0.2562}{45}$$

$$R = 0.0059 \Omega$$

Selanjutnya dari nilai dari order yang lain dilakukan dengan cara yang sama dengan merubah pf nya sesuai dengan yang kita inginkan, maka setelah dilakukan perhitungan dan percobaan berulang kali di dapat hasil sebagai berikut:

Tabel 4.9. Perbaikan Faktor Daya untuk Bus MCC3

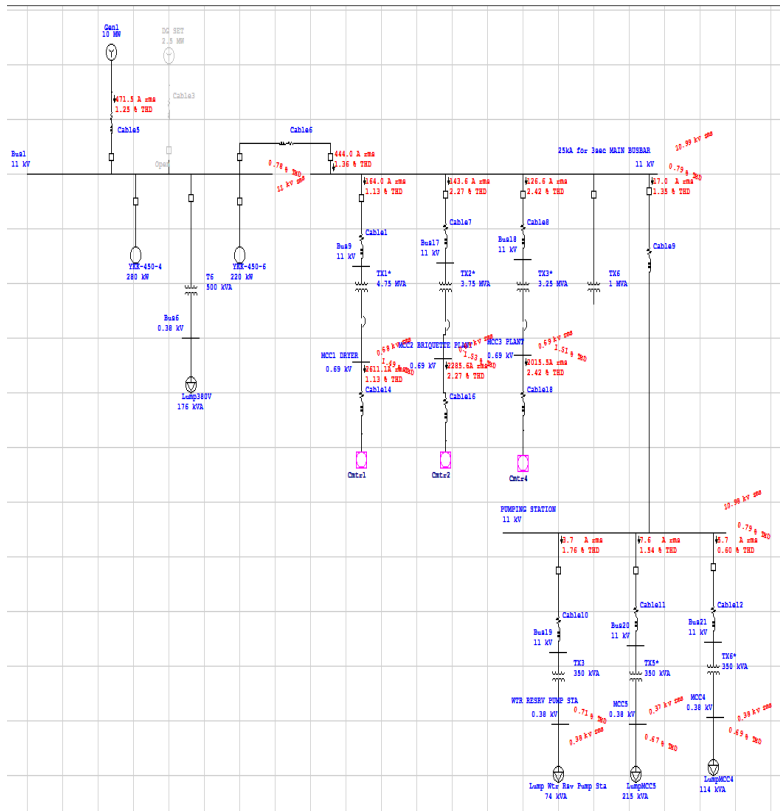
n	P (kW)	PF LAMA	PF BARU	TEGANGAN BUS (kV)	ΔQ (kVAR)
5	2343	92	93	0.69	63.695
7	2343	93	94	0.69	94.072
11	2343	94	95	0.69	98.660
13	2343	95	96	0.69	104.755
17	2343	96	97	0.69	238.631
19	2343	97	98	0.69	145.406

Tabel 4.10. Parameter Filter untuk Bus MCC3

n	Q (KVAR)	C (μF)	L (mH)	X_L (Ω)	Q	R (Ω)
5	72.101	482.3	0.0841	0.264	45	0.0059
7	75.617	505.82	0.0409	0.129	45	0.0029
11	80.288	537.06	0.0156	0.049	45	0.0011
13	86.732	580.16	0.1	0.033	45	0.0007
17	96.164	643.26	0.005	0.017	45	0.0004
19	111.44	745.47	0.003	0.012	45	0.0003

4.2 Simulasi *Harmonic Analysis* Menggunakan ETAP

Setelah menyusun Multistage Single Tuned Pasif Filter lalu di simulasikan pada software Etap 7. Dan setelah pemasangan multistage filter harmonic pada bus yang tadi memiliki THD_v tinggi sekarang sudah turun dan sesuai standart yang ditetapkan IEEE 519-1992. Hasil simulasi adalah sebagai berikut :



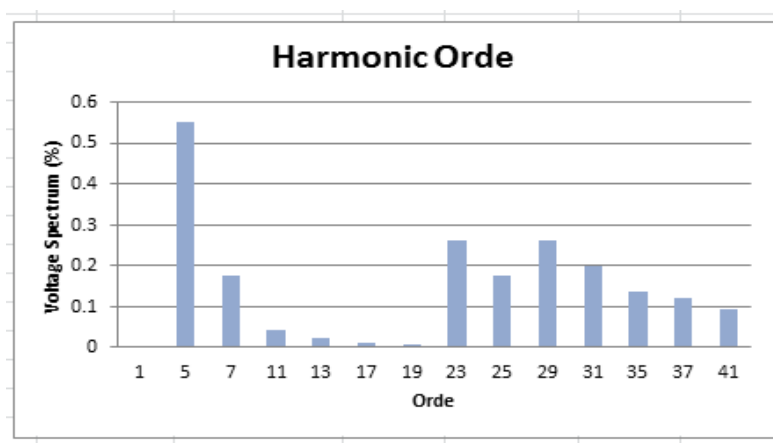
Gambar 4.1 Hasil Simulasi Setelah Pemasangan *Multistage* Filter

Untuk lebih jelasnya THD_V dari Bus Utama dapat di lihat seperti tabel di bawah ini :

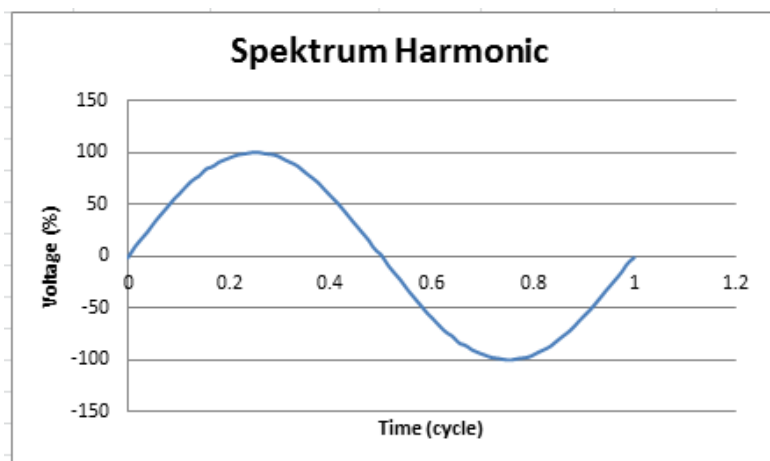
Tabel 4.11. *Result of Voltage Distortion for Main Bus*

BUS ID	RATED KV	THD _V (%)		Condition
		Standard	Result	
Bus 1	11	5	0.78	OK
25 kA for 3sec MAIN BUSBAR	11	5	0.79	OK
PUMPING STATION	11	5	0.79	OK

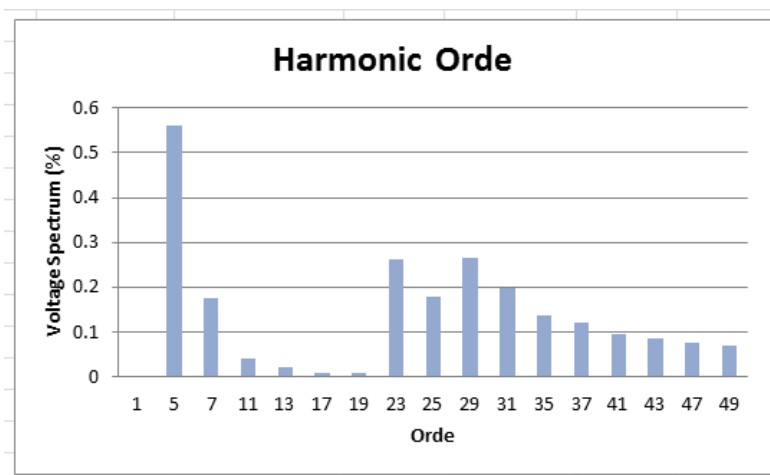
pada gambar di bawah ini akan di tunjukan bagaimana bentuk Harmonic order dan Waveform



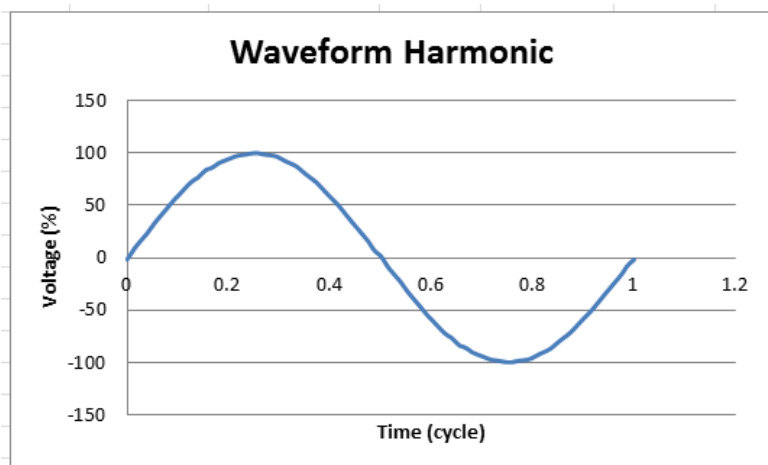
Gambar 4.2 Grafik Spectrum Harmonic Bus 1



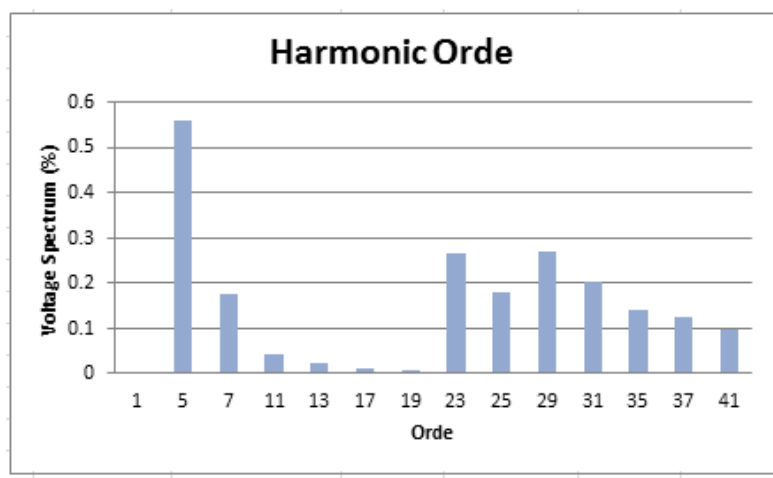
Gambar 4.3 Grafik Waveform Harmonic Bus 1



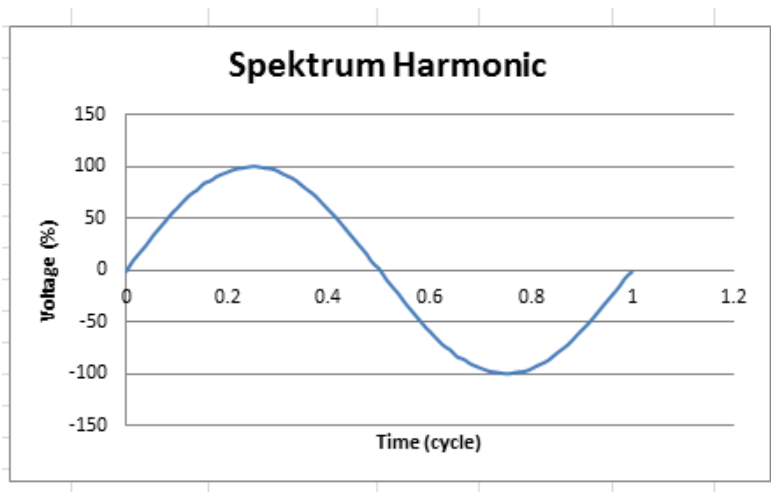
Gambar 4.4 Grafik Spectrum Harmonic Bus 25 kA



Gambar 4.5 Grafik Waveform Harmonic Bus 25 kA



Gambar 4.6 Grafik Spectrum Harmonic Bus Pumping Station



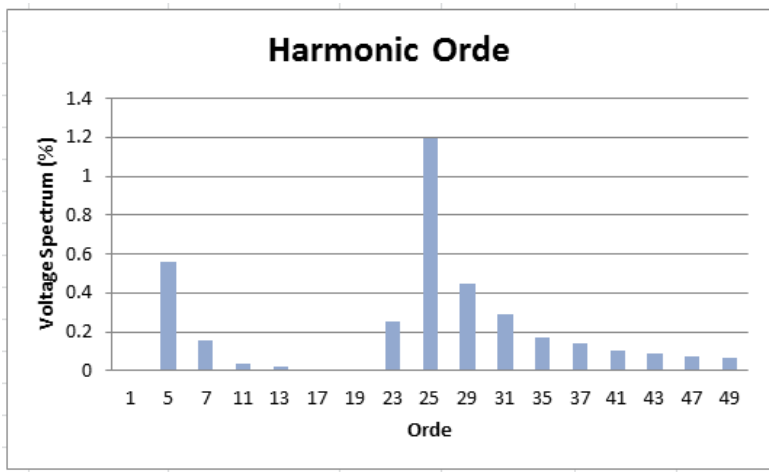
Gambar 4.7 Grafik Waveform Harmonic Bus Pumping Station

Sedangkan untuk untuk hasil simulasi pada Bus Sumber Harmonisa dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

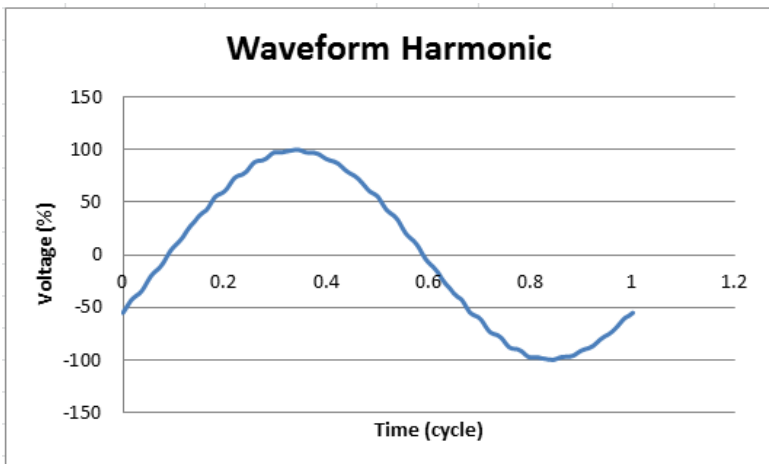
Tabel 4.12. *Result of Voltage Distortion for Load Bus*

BUS ID	RATED KV	THD _V (%)		Condition
		Standard	Result	
MCC1	0.69	5	1.49	OK
MCC2	0.69	5	1.53	OK
MCC3	0.69	5	1.51	OK

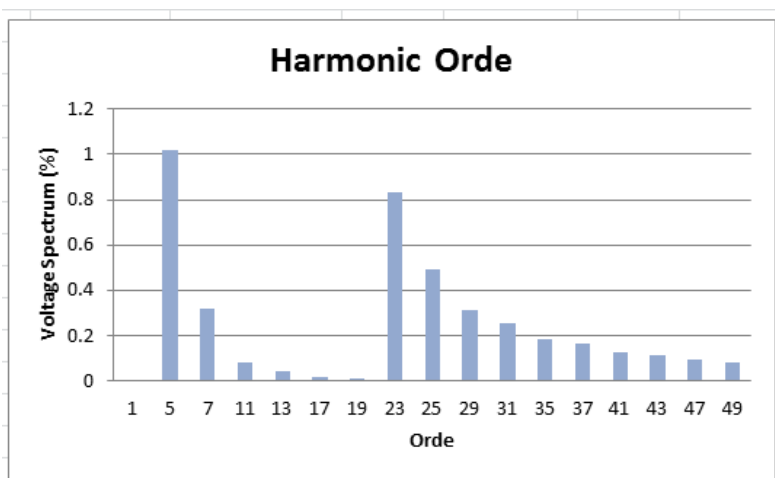
Dan pada gambar di bawah ini akan di tunjukan bagaimana bentuk *Harmonic Order* dan *Waveform*



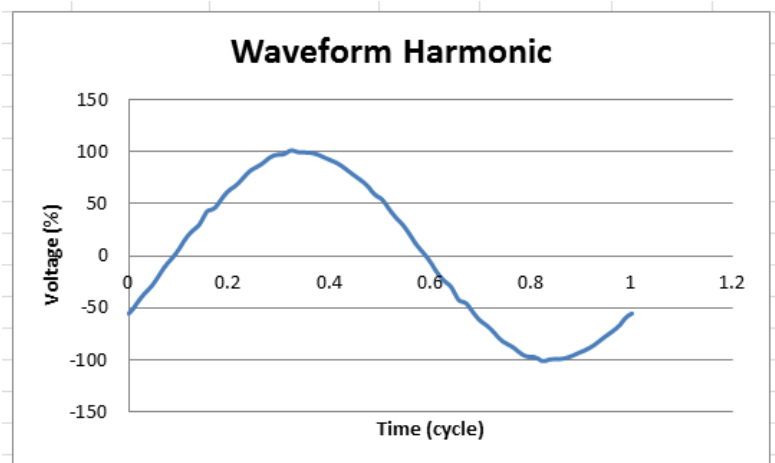
Gambar 4.8 Grafik Spectrum Harmonic Bus MCC1



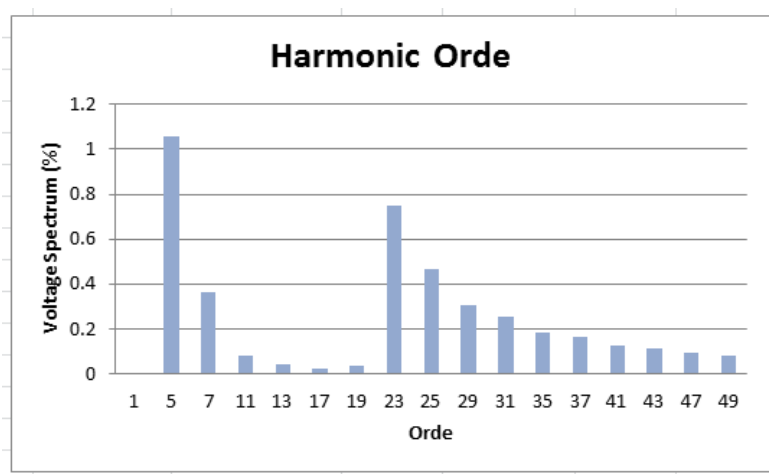
Gambar 4.9 Grafik Waveform Harmonic Bus MCC1



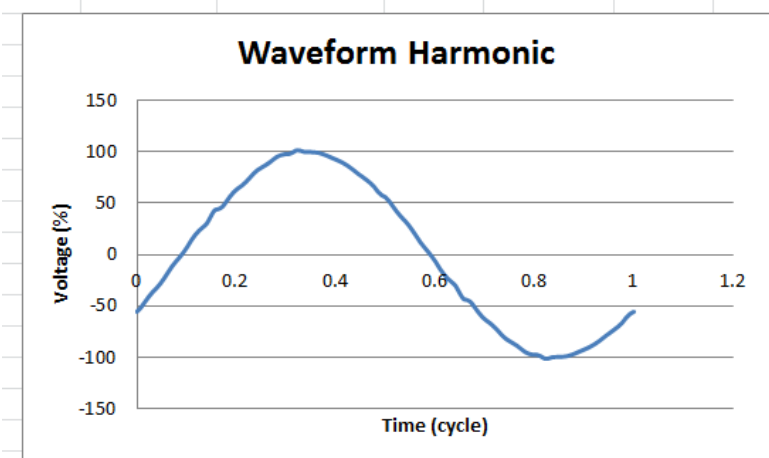
Gambar 4.10 Grafik Spectrum Harmonic Bus MCC2



Gambar 4.11 Grafik Waveform Harmonic Bus MCC2



Gambar 4.12 Grafik Spectrum Harmonic Bus MCC3



Gambar 4.13 Grafik Waveform Harmonic Bus MCC3

Pada tabel 4.11 dan 4.12 dapat dilihat setelah pemasangan *Multistage Filter Single Tuned* nilai THD_v turun dan sesuai dengan standar IEEE 519-1992. Sebagai contoh pada Bus MCC1 semula memiliki THD_v 29.83 setelah di pasang multistage single tuned filter THD_v menjadi 1.25.

Pada gambar Spectrum dapat dilihat bahwa untuk THD_v sudah di bawah standar IEEE 519-1992. Dan dari plot untuk orde harmonisa setelah pemasangan filter dapat dilihat bahwa hasil nya lebih baik daripada sebelum pemasangan filter. Untuk waveform nya juga sudah mendekati gelombang sinus murni tidak seperti sebelumnya sebelum pemasangan filter.

Dan dapat dilihat juga untuk pada harmonisa ke 5,7,11,13,17 dan 19 harmonisa nya telah turun hal ini sesuai dengan pemasangan filter multistage single tuned filter untuk meredam harmonisa di orde tersebut berdasarkan dari typical beban 6 pulse.

Sedangkan THD_i tergantung dari perbandingan arus hubung singkat dan arus beban nya. Arus hubung singkat diperoleh melalui simulasi analisa hubung singkat pada software Etap 7, sedangkan arus beban dapat diperoleh melalui analisa aliran daya.

Tabel 4.13. Nilai I_{SC} dan I_L Bus Utama

Nama Bus	I_{SC} (KA)	I_L (A)
Bus 1	6.2	521.4
25 kA for 3sec MAIN BUSBAR	6.1	490.7
PUMPING STATION	5,6	17.2

Tabel 4.14. Nilai I_{SC} dan I_L Bus Beban

Nama Bus	I_{SC} (KA)	I_L (A)
MCC1	48.1	2871
MCC2	36.4	2496
MCC3	31.5	2187

Setelah di dapatkan nilai I_{SC} dan I_L kita dapat mengetahui apakah THD_i pada sistem sudah di sesuai standar atau belum. Untuk mengetahui hal tersebut dapat di lihat pada tabel 2.1.

Tabel 4.15. Nilai THD_i Bus Utama

Nama Bus	Nilai $\frac{I_{sc}}{I_L}$	Standar Nilai THD_i (%)	Nilai THD_i pada system (%)	Keterangan
Bus 1	11.89106	5	1.25	AMAN
25 kA for 3sec MAIN BUSBAR	12.43122	5	1.36	AMAN
PUMPING STATION	325.5814	15	1.35	AMAN

Tabel 4.16. Nilai THD_i Bus Beban

Nama Bus	Nilai $\frac{I_{sc}}{I_L}$	Standar Nilai THD _i (%)	Nilai THD _i pada system (%)	Keterangan
MCC1	16.75374	5	1.13	AMAN
MCC2	14.58333	5	2.27	AMAN
MCC3	14.40329	5	2.42	AMAN

Dari tabel 4.15 dan tabel 4.16 dapat di lihat bahwa nilai THD_i pada sistem kelistrikan *Tabang Colt Upgrading Plant* (TCUP) Kalimantan Timur setelah di pasang *Multistage Filter Single Tuned* , THD_i pada Bus Utama dan Bus Beban nilainya di bawah standar yang di tetapkan oleh IEEE 519-1992.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] IEEE Guide for Application and Specification of Harmonic Filters, IEEE Std. 1531-2003, 2003.
- [2] Pujiantara Margo, *“Diktat Kuliah Desain Sistem Kelistrikan Industri”*, Jurusan Teknik ELEktro ITS.
- [3] Penangsang Ontoseno, *“Diktat Analisa Sistem Tenaga”*, Jurusan Teknik ELEktro ITS.
- [4] Leprance, Michael, *“Harmonic Design Considerations”*,
- [5] Saadat, Hadi, *“Power System Analysis”*, McGrawHill Companies, Singapura 1999
- [6] IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems, IEEE Std. 519-1992, 1992.
- [7] Pragale, Ritche, *“Harmonic Analysis and Multistage Filter Design for a Large Bleach Production Facility*. IEEE Transaction – 2011.
- [8] Refandra, Kurnia, *“Perencanaan High Pass dan Single Tuned Filter Sebagai Filter Harmonisa pada Sistem Kelistrikan British Oil Company Gresik Jawa Timur”* Teknik – Elektro ITS, 2009

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari perancangan filter harmonisa *single tuned* dan analisa sebelum serta setelah pemasangan filter harmonisa *single tuned*, pada sistem kelistrikan Tabang Coal Upgrading Plant (TCUP) Kalimantan Timur, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut

1. Dari hasil analisa dan simulasi dapat disimpulkan untuk mengatasi permasalahan harmonisa yang terjadi di Bus kelistrikan Tabang Coal Upgrading Plant (TCUP) Kalimantan Timur, khususnya pada Bus MCCI, MCC2 dan MCC3 di perlukan rancangan filter *multistage single tuned* yang sesuai. Karena memiliki harmonisa lebih dari satu orde.
2. Dengan pemasangan *multistage single tuned* nilai THD_v dan nilai THD_i yang semula di atas standar IEEE 519-1992, sekarang telah sesuai dengan standar IEEE 519-1992. Pada Bus MCC1 semula memiliki THD_v 29.83 setelah di pasang multistage single tuned filter THD_v menjadi 1.25.
3. *Multistage* sendiri adalah suatu metode pemasangan filter *single tuned* untuk meredam harmonisa yang terdiri dari beberapa orde harmonisa yang harus di redam. Misal apabila pemasangan filter orde 5 belum mampu menurunkan harmonisa sistem maka perlu di pasang lagi filter harmonisa orde 7.
4. Penyusunan filter sendiri berdasarkan dari analisa *typical* beban harmonisa pada TCUP beban harmonisa yang dominan *typical*nya adalah 6 *pulse* jadi *multistage* filter nya di susun untuk meredam harmonisa yang dominan pada rangkaian 6 *pulse* tersebut yaitu pada orde 5,7,11,13,17 dan 19.

5.2. Saran

Adapun saran untuk peneliti selanjutnya berdasarkan hasil simulasi dan analisa Tugas Akhir ini yaitu, bagi penelitian lebih lanjutnya perlu dipikirkan lebih lanjut untuk perbaikan faktor dayanya agar harmonisa yang ada pada sistem lebih dapat diatasi dengan maksimal dan juga diperhatikan juga *typical* beban nya apakah 6 *pulse* atau 12 *pulse* dan seterusnya, karena hal ini untuk mempermudah dalam menentukan orde filter yang harus dibuat.

Project: TCUP
Location: Kalimantan Timur
Contract:
Engineer: Genchoel
Filename: Tabang_IEEE

ETAP
7.0.0

Study Case: HA

Page: 1
Date: 12-30-2014
SN: 12345678
Revision: Base
Config.: CLOSEFILTER

Electrical Transient Analyzer Program

Harmonic Load Flow

Loading Category (2): Normal
Generation Category (1): Design
Load Diversity Factor: None

	<u>Swing</u>	<u>V-Control</u>	<u>Load</u>	<u>Total</u>
Number of Buses:	1	0	19	20

	<u>XFMR2</u>	<u>XFMR3</u>	<u>Reactor</u>	<u>Line/Cable</u>	<u>Impedance</u>	<u>Tie PD</u>	<u>Total</u>
Number of Branches:	7	0	0	12	0	0	19

	<u>Current</u>	<u>Voltage</u>
Number of Harm. Sources:	30	0

Number of Filters:	18
--------------------	----

Method of Solution: Accelerated Gauss-Seidel

Maximum No. of Iteration: 2000

Precision of Solution: 0.0000010000

Load Flow Acceleration Factor: 1.45

System Frequency: 50 Hz

Unit System: Metric

Project Filename: Tabang_IEEE

Output Filename: E:\tugas akhir\FIX TUGAS AKHIR\New folder\revisi program\Harmonic analisis\Untitled.HA1

Project: TCUP
Location: Kalimantan Timur
Contract:
Engineer: Genchoel
Filename: Tabang_IEEE

ETAP
7.0.0

Study Case: HA

Page: 2
Date: 12-30-2014
SN: 12345678
Revision: Base
Config.: CLOSEFILTER

Adjustments

Tolerance	Apply Adjustments	Individual /Global	Percent
Transformer Impedance:	Yes	Individual	
Reactor Impedance:	Yes	Individual	
Overload Heater Resistance:	No		
Transmission Line Length:	No		
Cable Length:	No		

Temperature Correction	Apply Adjustments	Individual /Global	Degree C
Transmission Line Resistance:	Yes	Individual	
Cable Resistance:	Yes	Individual	

Project: TCUP
Location: Kalimantan Timur
Contract:
Engineer: Genchoel
Filename: Tabang_IEEE

ETAP
7.0.0

Study Case: HA

Page: 3
Date: 12-30-2014
SN: 12345678
Revision: Base
Config.: CLOSEFILTER

Bus Input Data

Bus			Initial Voltage		Load								% Limits		
					Constant kVA		Constant Z		Constant I		Generic				
ID	kV	Sub-sys	% Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	VTHD	VIHD	
25kA for 3sec MAIN BUSBAR	11.000	1	100.0	0.0									3.00	1.50	
Bus1	11.000	1	100.0	0.0	0.376	0.161							2.50	1.50	
Bus6	0.380	1	100.0	-30.0	0.120	0.074	0.030	0.019					2.50	1.50	
Bus9	11.000	1	100.0	0.0									2.50	1.50	
Bus15	11.000	1	100.0	0.0									2.50	1.50	
Bus17	11.000	1	100.0	0.0									2.50	1.50	
Bus18	11.000	1	100.0	0.0									2.50	1.50	
Bus19	11.000	1	100.0	0.0									2.50	1.50	
Bus20	11.000	1	100.0	0.0									2.50	1.50	
Bus21	11.000	1	100.0	0.0									2.50	1.50	
MCC1	0.690	1	100.0	-30.0	3.057	1.369	0.000	-0.500					2.50	1.50	
MCC1 DRYER	0.690	1	100.0	-30.0									2.50	1.50	
MCC2	0.690	1	100.0	-30.0	2.678	1.134	0.000	-1.000					5.00	1.50	
MCC2 BRIQUETTE PLANT	0.690	1	100.0	-30.0									5.00	1.50	
MCC3	0.690	1	97.5	-30.0	2.343	1.000	0.000	-1.000					5.00	1.50	
MCC3 PLANT	0.690	1	100.0	-30.0									5.00	1.50	
MCC4	0.380	1	100.0	-30.0	0.078	0.048	0.019	0.012					2.50	1.50	
MCC5	0.380	1	100.0	-30.0	0.102	0.063	0.026	0.016					2.50	1.50	
PUMPING STATION	11.000	1	100.0	0.0									2.50	1.50	
WTR RESRV PUMP STA	0.380	1	100.0	-30.0	0.050	0.031	0.013	0.008					2.50	1.50	
Total Number of Buses: 20						8.804	3.881	0.087	-2.446	0.000	0.000	0.000	0.000		

Generation Bus				Voltage		Generation			Mvar Limits	
ID	kV	Type	Sub-sys	% Mag.	Angle	MW	Mvar	% PF	Max	Min
Bus15	11.000	Swing	1	100.0	0.0					

0.000 0.000

Project: TCUP
Location: Kalimantan Timur
Contract:
Engineer: Genchoel
Filename: Tabang_IEEE

ETAP
7.0.0

Study Case: HA

Page: 4
Date: 12-30-2014
SN: 12345678
Revision: Base
Config.: CLOSEFILTER

Cable Input Data

Ohms or Mhos / 1000 m per Conductor

Cable	ID	Library	Size	Length		#/Phase	T (°C)	R1	X1	Y1	R0	X0	Y0
				Adj. (m)	% Tol.								
Cable1		11MCUN3	300	20.0	0.00	1	75	0.076302	0.105000	0.0001646	0.238444	0.220000	
Cable5		11MCUN1	120	70.0	0.00	3	75	0.186940	0.118000	0.0001109	0.591341	0.290000	
Cable6		11MCUN3	300	360.0	0.00	2	75	0.076302	0.105000	0.0001646	0.238444	0.220000	
Cable7		11MCUN3	300	20.0	0.00	1	75	0.076302	0.105000	0.0001646	0.238444	0.220000	
Cable8		11MCUN3	300	20.0	0.00	1	75	0.076302	0.105000	0.0001646	0.238444	0.220000	
Cable9		11MCUN3	50	486.0	0.00	1	75	0.471165	0.138000	0.0000817	1.487889	0.280000	
Cable10		11MCUN3	35	830.0	0.00	1	75	0.637122	0.149000	0.0000745	2.002928	0.300000	
Cable11		11MCUN3	35	1500.0	0.00	1	75	0.637122	0.149000	0.0000745	2.002928	0.300000	
Cable12		11MCUN3	50	10.0	0.00	1	75	0.471165	0.138000	0.0000817	1.487889	0.280000	
Cable14		11MCUN3	300	20.0	0.00	1	75	0.076302	0.105000	0.0001646	0.238444	0.220000	
Cable16		11MCUN3	300	20.0	0.00	1	75	0.076302	0.105000	0.0001646	0.238444	0.220000	
Cable18		11MCUN3	300	20.0	0.00	1	75	0.076302	0.105000	0.0001646	0.238444	0.220000	

Cable resistances are listed at the specified temperatures

Project: TCUP
Location: Kalimantan Timur
Contract:
Engineer: Genchoel
Filename: Tabang_IEEE

ETAP
7.0.0

Study Case: HA

Page: 5
Date: 12-30-2014
SN: 12345678
Revision: Base
Config.: CLOSEFILTER

2-Winding Transformer Input Data

Transformer			Rating			Z Variation			% Tap Setting		Adjusted	Phase Shift	
ID	MVA	Prim. kV	Sec. kV	% Z	X/R	+ 5%	- 5%	% Tol.	Prim.	Sec.	% Z	Type	Angle
T6	0.500	11.000	0.380	5.20	5.10	0	0	0	0	0	5.2000	Std Pos. Seq.	-30.000
TX1*	4.750	11.000	0.690	6.00	12.14	0	0	0	0	0	6.0000	Std Pos. Seq.	-30.000
TX2*	3.750	11.000	0.690	6.00	12.14	0	0	0	0	0	6.0000	Std Pos. Seq.	-30.000
TX3	0.350	11.000	0.380	5.20	5.10	0	0	0	0	0	5.2000	Std Pos. Seq.	-30.000
TX3*	3.250	11.000	0.690	6.00	12.14	0	0	0	0	0	6.0000	Std Pos. Seq.	-30.000
TX5*	0.350	11.000	0.380	4.50	5.10	0	0	0	0	0	4.5000	Std Pos. Seq.	-30.000
TX6*	0.350	11.000	0.380	4.50	5.10	0	0	0	0	0	4.5000	Std Pos. Seq.	-30.000

2-Winding Transformer Grounding Input Data

Grounding												
Transformer		Rating		Conn.	Primary			Secondary				
ID	MVA	Prim. kV	Sec. kV	Type	Type	kV	Amp	Ohm	Type	kV	Amp	Ohm
T6	0.500	11.000	0.380	D/Y					Solid			
TX1*	4.750	11.000	0.690	D/Y					Solid			
TX2*	3.750	11.000	0.690	D/Y					Solid			
TX3	0.350	11.000	0.380	D/Y					Solid			
TX3*	3.250	11.000	0.690	D/Y					Solid			
TX5*	0.350	11.000	0.380	D/Y					Solid			
TX6*	0.350	11.000	0.380	D/Y					Solid			

Project: TCUP
Location: Kalimantan Timur
Contract:
Engineer: Genchoel
Filename: Tabang_IEEE

ETAP
7.0.0

Study Case: HA

Page: 6
Date: 12-30-2014
SN: 12345678
Revision: Base
Config.: CLOSEFILTER

Branch Connections

CKT/Branch		Connected Bus ID		% Positive Sequence Impedance (100 MVA Base)			
ID	Type	From Bus	To Bus	R	X	Z	Y
T6	2W XFMR	Bus1	Bus6	200.11	1020.57	1040.00	
TX1*	2W XFMR	Bus9	MCC1 DRYER	10.37	125.89	126.32	
TX2*	2W XFMR	Bus17	MCC2 BRIQUETTE PLANT	13.14	159.46	160.00	
TX3	2W XFMR	Bus19	WTR RESRV PUMP STA	285.87	1457.95	1485.71	
TX3*	2W XFMR	Bus18	MCC3 PLANT	15.16	183.99	184.62	
TX5*	2W XFMR	Bus20	MCC5	247.39	1261.69	1285.71	
TX6*	2W XFMR	Bus21	MCC4	247.39	1261.69	1285.71	
Cable1	Cable	25kA for 3sec MAIN BUSBAR	Bus9	0.13	0.17	0.21	0.0003983
Cable5	Cable	Bus15	Bus1	0.36	0.23	0.43	0.0028180
Cable6	Cable	25kA for 3sec MAIN BUSBAR	Bus1	1.14	1.56	1.93	0.0143399
Cable7	Cable	25kA for 3sec MAIN BUSBAR	Bus17	0.13	0.17	0.21	0.0003983
Cable8	Cable	25kA for 3sec MAIN BUSBAR	Bus18	0.13	0.17	0.21	0.0003983
Cable9	Cable	25kA for 3sec MAIN BUSBAR	PUMPING STATION	18.92	5.54	19.72	0.0048045
Cable10	Cable	PUMPING STATION	Bus19	43.70	10.22	44.88	0.0074820
Cable11	Cable	PUMPING STATION	Bus20	78.98	18.47	81.11	0.0135217
Cable12	Cable	PUMPING STATION	Bus21	0.39	0.11	0.41	0.0000989
Cable14	Cable	MCC1 DRYER	MCC1	32.05	44.11	54.52	0.0000016
Cable16	Cable	MCC2 BRIQUETTE PLANT	MCC2	32.05	44.11	54.52	0.0000016
Cable18	Cable	MCC3 PLANT	MCC3	32.05	44.11	54.52	0.0000016

Project: TCUP
Location: Kalimantan Timur
Contract:
Engineer: Genchoel
Filename: Tabang_IEEE

ETAP
7.0.0

Study Case: HA

Page: 7
Date: 12-30-2014
SN: 12345678
Revision: Base
Config.: CLOSEFILTER

Branch Connections
Zero Sequence Impedance

CKT/Branch		Connected Bus ID		% Impedance, Zero Seq., 100 MVAb			
ID	Type	From Bus	To Bus	R0	X0	Z0	Y0
T6	2W Xfmr	Bus1	Bus6				
TX1*	2W Xfmr	Bus9	MCC1 DRYER				
TX2*	2W Xfmr	Bus17	MCC2 BRIQUETTE PLANT				
TX3	2W Xfmr	Bus19	WTR RESRV PUMP STA				
TX3*	2W Xfmr	Bus18	MCC3 PLANT				
TX5*	2W Xfmr	Bus20	MCC5				
TX6*	2W Xfmr	Bus21	MCC4				
Cable1	Cable	25kA for 3sec MAIN BUSBAR	Bus9	0.39	0.36	0.54	
Cable5	Cable	Bus15	Bus1	1.14	0.56	1.27	
Cable6	Cable	25kA for 3sec MAIN BUSBAR	Bus1	3.55	3.27	4.83	
Cable7	Cable	25kA for 3sec MAIN BUSBAR	Bus17	0.39	0.36	0.54	
Cable8	Cable	25kA for 3sec MAIN BUSBAR	Bus18	0.39	0.36	0.54	
Cable9	Cable	25kA for 3sec MAIN BUSBAR	PUMPING STATION	59.76	11.25	60.81	
Cable10	Cable	PUMPING STATION	Bus19	137.39	20.58	138.92	
Cable11	Cable	PUMPING STATION	Bus20	248.30	37.19	251.07	
Cable12	Cable	PUMPING STATION	Bus21	1.23	0.23	1.25	
Cable14	Cable	MCC1 DRYER	MCC1	100.17	92.42	136.29	
Cable16	Cable	MCC2 BRIQUETTE PLANT	MCC2	100.17	92.42	136.29	
Cable18	Cable	MCC3 PLANT	MCC3	100.17	92.42	136.29	

Project: TCUP
Location: Kalimantan Timur
Contract:
Engineer: Genchoel
Filename: Tabang_IEEE

ETAP
7.0.0

Study Case: HA

Page: 8
Date: 12-30-2014
SN: 12345678
Revision: Base
Config.: CLOSEFILTER

Machine Input Data

Machine		Connected Bus		Rating (Base)			% Negative Seq. Imp.			Grounding			% Zero Seq. Imp.		
ID	Type	ID		MVA	kV	RPM	X/R	R2	X2	Conn.	Type	Amp	X/R	R0	X0
Gen1	Gen.	Bus15		11.765	11.000	1500	48.00	0.250	12.00	Wye	Restr	100.0	48.00	1852.757	12.00
BUCKET ELEVATOR INCHING	IndM	MCC2		0.008	0.690	1500	2.02	13.802	27.83	Wye	Open				
BUKET ELEVATOR MAIN	IndM	MCC2		0.031	0.690	1500	4.23	6.580	27.83	Wye	Open				
COAL INJECTION FANS	IndM	MCC1		0.121	0.690	1500	5.98	3.343	20.00	Wye	Open				
COMBUSTION AIR FAN	IndM	MCC1		0.523	0.690	1500	19.13	1.045	20.00	Wye	Open				
Mtr6	IndM	MCC1		0.001	0.690	1500	0.78	35.636	27.83	Wye	Open				
Mtr8	IndM	MCC1		0.120	0.690	1500	8.56	2.338	20.00	Wye	Open				
Mtr9	IndM	MCC1		0.038	0.690	1500	4.69	5.939	27.83	Wye	Open				
Mtr10	IndM	MCC1		0.026	0.690	1500	3.83	7.274	27.83	Wye	Open				
Mtr12	IndM	MCC1		0.013	0.690	1500	2.71	10.287	27.83	Wye	Open				
Mtr13	IndM	MCC1		0.004	0.690	1500	1.34	20.807	27.83	Wye	Open				
Mtr19	IndM	MCC1		0.391	0.690	1500	16.51	1.212	20.00	Wye	Open				
Mtr20	IndM	MCC1		0.581	0.690	1500	20.17	0.992	20.00	Wye	Open				
Mtr22	IndM	MCC1		0.027	0.690	1500	3.88	7.175	27.83	Wye	Open				
Mtr25	IndM	MCC1		0.016	0.690	1500	2.02	13.802	27.83	Wye	Open				
Mtr31	IndM	MCC1		0.002	0.690	1500	0.67	41.614	27.83	Wye	Open				
Mtr33	IndM	MCC1		0.001	0.690	1500	0.78	35.636	27.83	Wye	Open				
Mtr39	IndM	MCC1		0.062	0.690	1500	6.05	3.306	20.00	Wye	Open				
Mtr40	IndM	MCC1		0.022	0.690	1500	3.49	7.968	27.83	Wye	Open				
Mtr41	IndM	MCC1		0.022	0.690	1500	3.49	7.968	27.83	Wye	Open				
Mtr42	IndM	MCC1		0.051	0.690	1500	5.49	5.074	27.83	Wye	Open				
Mtr43	IndM	MCC1		0.051	0.690	1500	5.49	5.074	27.83	Wye	Open				
Mtr47	IndM	MCC1		0.022	0.690	1500	3.49	7.968	27.83	Wye	Open				
Mtr48	IndM	MCC1		0.004	0.690	1500	1.34	20.807	27.83	Wye	Open				
Mtr49	IndM	MCC1		0.006	0.690	1500	1.80	15.431	27.83	Wye	Open				
Mtr51	IndM	MCC1		0.126	0.690	1500	4.23	6.580	27.83	Wye	Open				
Mtr55	IndM	MCC1		0.002	0.690	1500	0.90	30.862	27.83	Wye	Open				
Mtr60	IndM	MCC2		0.199	0.690	1500	7.81	2.561	20.00	Wye	Open				
Mtr61	IndM	MCC2		0.001	0.690	1500	0.78	35.636	27.83	Wye	Open				
Mtr62	IndM	MCC2		0.333	0.690	1500	4.94	5.635	27.83	Wye	Open				
Mtr65	IndM	MCC2		0.005	0.690	1500	1.56	17.818	27.83	Wye	Open				
Mtr67	IndM	MCC2		2.708	0.690	1500	10.36	1.930	20.00	Wye	Open				
Mtr68	IndM	MCC2		0.011	0.690	1500	2.47	11.269	27.83	Wye	Open				
Mtr71	IndM	MCC2		0.011	0.690	1500	2.47	11.269	27.83	Wye	Open				
Mtr74	IndM	MCC2		0.638	0.690	1500	21.15	0.946	20.00	Wye	Open				
Mtr76	IndM	MCC2		0.011	0.690	1500	2.47	11.269	27.83	Wye	Open				
Mtr77	IndM	MCC2		0.027	0.690	1500	3.88	7.175	27.83	Wye	Open				

Project: TCUP
Location: Kalimantan Timur
Contract:
Engineer: Genchoel
Filename: Tabang_IEEE

ETAP
7.0.0

Study Case: HA

Page: 9
Date: 12-30-2014
SN: 12345678
Revision: Base
Config.: CLOSEFILTER

Machine			Connected Bus		Rating (Base)			% Negative Seq. Imp.			Grounding			% Zero Seq. Imp.		
ID	Type		ID		MVA	kV	RPM	X/R	R2	X2	Conn.	Type	Amp	X/R	R0	X0
Mtr78	IndM	MCC2			0.005	0.690	1500	1.56	17.818	27.83	Wye	Open				
Mtr92	IndM	MCC3			0.199	0.690	1500	7.81	2.561	20.00	Wye	Open				
Mtr93	IndM	MCC3			0.001	0.690	1500	0.78	35.636	27.83	Wye	Open				
Mtr94	IndM	MCC3			0.333	0.690	1500	4.94	5.635	27.83	Wye	Open				
Mtr95	IndM	MCC3			0.040	0.690	1500	1.56	17.818	27.83	Wye	Open				
Mtr96	IndM	MCC3			2.708	0.690	1500	10.36	1.930	20.00	Wye	Open				
Mtr97	IndM	MCC3			0.011	0.690	1500	2.47	11.269	27.83	Wye	Open				
Mtr98	IndM	MCC3			0.123	0.690	1500	6.05	3.306	20.00	Wye	Open				
Mtr99	IndM	MCC3			0.003	0.690	1500	0.78	35.636	27.83	Wye	Open				
Mtr100	IndM	MCC3			0.017	0.690	1500	2.12	13.160	27.83	Wye	Open				
Mtr101	IndM	MCC3			0.001	0.690	1500	0.78	35.636	27.83	Wye	Open				
Mtr102	IndM	MCC3			0.011	0.690	1500	2.47	11.269	27.83	Wye	Open				
Mtr103	IndM	MCC3			0.027	0.690	1500	3.88	7.175	27.83	Wye	Open				
Mtr104	IndM	MCC3			0.005	0.690	1500	1.56	17.818	27.83	Wye	Open				
PULVERISER	IndM	MCC1			0.292	0.690	1500	14.26	1.403	20.00	Wye	Open				
PULVERISER BOOSTER FAN	IndM	MCC1			0.031	0.690	1500	4.23	6.580	27.83	Wye	Open				
PULVERISER CYCLONE ROTARY RECYCLE FAN	IndM	MCC1			0.001	0.690	1500	0.78	35.636	27.83	Wye	Open				
YKK-450-4	IndM	Bus1			1.039	0.690	1500	3.86	4.318	16.67	Wye	Open				
YKK-450-6	IndM	Bus1			0.327	11.000	1500	15.09	1.223	18.46	Wye	Open				
					0.258	11.000	1500	13.38	1.380	18.46	Wye	Open				

Project: TCUP
Location: Kalimantan Timur
Contract:
Engineer: Genchoel
Filename: Tabang_IEEE

ETAP
7.0.0

Study Case: HA

Page: 10
Date: 12-30-2014
SN: 12345678
Revision: Base
Config.: CLOSEFILTER

Harmonic Library

Devices		Current Harmonic Source in %																
Manufacturer	Model	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	19	23
Typical-IEEE	6 Pulse1	0	0	0	20.00	0	14.30	0	0	0	9.10	0	7.70	0	0	5.90	5.30	4.30
		4.00	3.40	3.20	2.80	2.70	2.40	2.30	2.10	2.00	0	0	0	0	0	0	0	0

Project: TCUP
Location: Kalimantan Timur
Contract:
Engineer: Genchoel
Filename: Tabang_IEEE

ETAP
7.0.0

Study Case: HA

Page: 11
Date: 12-30-2014
SN: 12345678
Revision: Base
Config.: CLOSEFILTER

Harmonic Source from Library

Bus ID	Device ID	Harmonic Source Information			
		Type	Manufacturer	Model	
MCC1	VFD6	Current	Typical-IEEE	6 Pulse1	
MCC1	VFD7	Current	Typical-IEEE	6 Pulse1	
MCC1	VFD8	Current	Typical-IEEE	6 Pulse1	
MCC1	VFD10	Current	Typical-IEEE	6 Pulse1	
MCC1	VFD11	Current	Typical-IEEE	6 Pulse1	
MCC1	VFD17	Current	Typical-IEEE	6 Pulse1	
MCC1	VFD18	Current	Typical-IEEE	6 Pulse1	
MCC1	VFD20	Current	Typical-IEEE	6 Pulse1	
MCC1	VFD23	Current	Typical-IEEE	6 Pulse1	
MCC1	VFD32	Current	Typical-IEEE	6 Pulse1	
MCC1	VFD34	Current	Typical-IEEE	6 Pulse1	
MCC1	VFD36	Current	Typical-IEEE	6 Pulse1	
MCC2	VFD40	Current	Typical-IEEE	6 Pulse1	
MCC2	VFD41	Current	Typical-IEEE	6 Pulse1	
MCC2	VFD42	Current	Typical-IEEE	6 Pulse1	
MCC2	VFD45	Current	Typical-IEEE	6 Pulse1	
MCC2	VFD46	Current	Typical-IEEE	6 Pulse1	
MCC2	VFD49	Current	Typical-IEEE	6 Pulse1	
MCC2	VFD54	Current	Typical-IEEE	6 Pulse1	
MCC2	VFD55	Current	Typical-IEEE	6 Pulse1	
MCC2	VFD56	Current	Typical-IEEE	6 Pulse1	
MCC3	VFD67	Current	Typical-IEEE	6 Pulse1	
MCC3	VFD68	Current	Typical-IEEE	6 Pulse1	
MCC3	VFD69	Current	Typical-IEEE	6 Pulse1	
MCC3	VFD70	Current	Typical-IEEE	6 Pulse1	
MCC3	VFD71	Current	Typical-IEEE	6 Pulse1	
MCC3	VFD73	Current	Typical-IEEE	6 Pulse1	
MCC3	VFD74	Current	Typical-IEEE	6 Pulse1	
MCC3	VFD75	Current	Typical-IEEE	6 Pulse1	
MCC3	VFD76	Current	Typical-IEEE	6 Pulse1	

Project: TCUP
Location: Kalimantan Timur
Contract:
Engineer: Genchoel
Filename: Tabang_IEEE

ETAP
7.0.0

Study Case: HA

Page: 12
Date: 12-30-2014
SN: 12345678
Revision: Base
Config.: CLOSEFILTER

Filter Input Data

Filter Type: Single-Tuned

Filter ID	Connected Bus ID	Capacitor C1			Inductor L1			R
		kV	Max kV	kvar	Xl	Q Fact.	Max I	Ohm
Filter MCC2 orde 19	MCC2	0.690	11.000	127.0	0.0104	45.00	2000.0	0.0002
Filter MCC1 orde 13	MCC1	0.690	0.690	105.0	0.0269	45.00	2000.0	0.0006
Filter MCC1 orde 17	MCC1	0.690	0.690	239.0	0.0069	45.00	2000.0	0.0002
Filter MCC1 orde 19	MCC1	0.690	11.000	145.0	0.0091	45.00	2000.0	0.0002
Filter MCC1 orde 5	MCC1	0.690	11.000	63.7	0.299	45.00	2000.0	0.0066
Filter MCC1 orde 7	MCC1	0.690	11.000	94.1	0.103	45.00	2000.0	0.0023
Filter MCC2 orde 11	MCC2	0.690	11.000	91.8	0.0429	45.00	2000.0	0.0010
Filter MCC1 orde 11	MCC1	0.690	0.690	98.7	0.0398	45.00	2000.0	0.0009
Filter MCC2 orde 17	MCC2	0.690	0.690	110.0	0.015	45.00	2000.0	0.0003
Filter MCC13 orde 13	MCC3	0.690	11.000	96.2	0.0293	45.00	2000.0	0.0007
Filter MCC2 orde 5	MCC2	0.690	11.000	74.3	0.2562	45.00	2000.0	0.0057
Filter MCC2 orde 7	MCC2	0.690	11.000	86.4	0.1124	45.00	2000.0	0.0025
Filter MCC3 orde 11	MCC3	0.690	11.000	86.7	0.0454	45.00	2000.0	0.0010
Filter MCC3 orde 17	MCC3	0.690	11.000	96.2	0.0171	45.00	2000.0	0.0004
Filter MCC3 orde 19	MCC3	0.690	11.000	111.0	0.0118	45.00	2000.0	0.0003
Filter MCC3 orde 5	MCC3	0.690	11.000	72.1	0.2641	45.00	2000.0	0.0059
Filter MCC3 orde 7	MCC3	0.690	11.000	75.6	0.1284	45.00	2000.0	0.0029
Filter MCC2 orde 13	MCC2	0.690	11.000	99.1	0.0284	45.00	2000.0	0.0006

Project: TCUP
Location: Kalimantan Timur
Contract:
Engineer: Genchoel
Filename: Tabang_IEEE

ETAP
7.0.0

Study Case: HA

Page: 13
Date: 12-30-2014
SN: 12345678
Revision: Base
Config.: CLOSEFILTER

FUNDAMENTAL LOAD FLOW REPORT

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow				XFMR	
ID	kV	%Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	% PF	% Tap
25kA for 3sec MAIN BUSBAR	11.000	99.875	-0.1	0	0	-0.026	0.009	Bus9	3.103	0.327	164.0	99.4	
								Bus1	-8.445	0.201	443.9	-100.0	
								Bus17	2.716	-0.292	143.5	-99.4	
								Bus18	2.374	-0.409	126.6	-98.5	
								PUMPING STATION	0.278	0.165	17.0	86.0	
Bus1	11.000	99.968	0.0	0	0	0.377	0.161	Bus15	-8.979	-0.052	471.4	100.0	
								25kA for 3sec MAIN BUSBAR	8.453	-0.204	443.9	-100.0	
Bus6	0.380	98.703	-30.8	0	0	0.149	0.092	Bus1	-0.149	-0.092	269.5	85.0	
Bus9	11.000	99.870	-0.1	0	0	0.004	-0.001	25kA for 3sec MAIN BUSBAR	-3.103	-0.327	164.0	99.4	
								MCC1 DRYER	3.099	0.328	163.8	99.4	
* Bus15	11.000	100.000	0.0	8.982	0.051	0	0	Bus1	8.982	0.051	471.4	100.0	
Bus17	11.000	99.872	-0.1	0	0	0.004	-0.001	25kA for 3sec MAIN BUSBAR	-2.716	0.292	143.5	-99.4	
								MCC2 BRIQUETTE PLANT	2.712	-0.291	143.3	-99.4	
Bus18	11.000	99.872	-0.1	0	0	0.004	-0.001	25kA for 3sec MAIN BUSBAR	-2.374	0.408	126.6	-98.6	
								MCC3 PLANT	2.370	-0.407	126.4	-98.6	
Bus19	11.000	99.782	-0.1	0	0	0	0	PUMPING STATION	-0.063	-0.040	3.9	84.4	
								WTR RESRV PUMP STA	0.063	0.040	3.9	84.6	
Bus20	11.000	99.698	-0.1	0	0	0	0	PUMPING STATION	-0.128	-0.082	8.0	84.2	
								MCC5	0.128	0.082	8.0	84.2	
Bus21	11.000	99.812	-0.1	0	0	-0.018	0.014	PUMPING STATION	-0.079	-0.075	5.7	72.1	
								MCC4	0.097	0.061	6.0	84.4	
MCC1	0.690	98.129	-33.1	0	0	3.058	0.163	MCC1 DRYER	-3.058	-0.163	2610.9	99.9	
MCC1 DRYER	0.690	99.210	-32.3	0	0	0	0	MCC1	3.089	0.206	2610.9	99.8	
								Bus9	-3.089	-0.206	2610.9	99.8	
MCC2	0.690	99.399	-33.4	0	0	2.678	-0.443	MCC2 BRIQUETTE PLANT	-2.678	0.443	2285.0	-98.7	
MCC2 BRIQUETTE PLANT	0.690	100.075	-32.6	0	0	0	0	MCC2	2.702	-0.410	2285.0	-98.9	
								Bus17	-2.702	0.410	2285.1	-98.9	
MCC3	0.690	99.840	-33.3	0	0	2.343	-0.539	MCC3 PLANT	-2.343	0.539	2014.9	-97.4	
MCC3 PLANT	0.690	100.361	-32.6	0	0	0	0	MCC3	2.361	-0.514	2014.9	-97.7	
								Bus18	-2.361	0.514	2014.9	-97.7	
MCC4	0.380	98.802	-30.7	0	0	0.096	0.060	Bus21	-0.096	-0.060	174.5	85.0	
MCC5	0.380	98.357	-30.9	0	0	0.127	0.079	Bus20	-0.127	-0.079	231.0	85.0	
PUMPING STATION	11.000	99.813	-0.1	0	0	0.009	-0.007	25kA for 3sec MAIN BUSBAR	-0.278	-0.169	17.1	85.4	
								Bus19	0.063	0.032	3.7	88.9	

Project: TCUP
Location: Kalimantan Timur
Contract:
Engineer: Genchoel
Filename: Tabang_IEEE

ETAP
7.0.0

Study Case: HA

Page: 14
Date: 12-30-2014
SN: 12345678
Revision: Base
Config.: CLOSEFILTER

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow					XFMR
ID	kV	%Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	% PF	% Tap
WTR RESRV PUMP STA	0.380	99.026	-30.5	0	0	0.063	0.039	Bus20	0.128	0.068	7.6	88.2	
								Bus21	0.079	0.075	5.7	72.2	
								Bus19	-0.063	-0.039	113.1	85.0	

* Indicates a voltage regulated bus (voltage controlled or swing type machine connected to it)

Indicates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA

Project: TCUP
Location: Kalimantan Timur
Contract:
Engineer: Genchoel
Filename: Tabang_IEEE

ETAP
7.0.0

Study Case: HA

Page: 15
Date: 12-30-2014
SN: 12345678
Revision: Base
Config.: CLOSEFILTER

SYSTEM HARMONICS INFORMATION

Bus		Voltage Distortion					Current Distortion						
ID	kV	Fund. %	RMS %	ASUM %	THD %	TIF	To Bus ID	Fund. Amp	RMS Amp	ASUM Amp	THD %	TIF	IT
25kA for 3sec MAIN BUSBAR	11.000	99.87	99.88	102.18	0.79	40.20	Bus9	163.97	163.98	167.44	1.13	73.96	12127.96
							Bus1	443.91	443.95	453.53	1.36	14.21	6306.57
							Bus17	143.55	143.58	149.30	2.27	50.21	7209.15
							Bus18	126.61	126.64	131.92	2.42	45.22	5726.13
							PUMPING STATION	16.97	16.97	17.74	1.35	103.16	1750.71
Bus1	11.000	99.97	99.97	102.25	0.78	39.67	Bus15	471.44	471.47	481.10	1.25	14.57	6869.73
Bus6	0.380	98.70	98.71	100.35	0.66	24.48	25kA for 3sec MAIN BUSBAR	443.93	443.97	453.94	1.37	16.11	7153.26
							Bus6	9.31	9.31	9.44	0.55	20.38	189.80
Bus9	11.000	99.87	99.87	102.18	0.79	40.20	Bus1	269.52	269.53	273.28	0.55	20.38	5494.11
Bus15	11.000	100.00	100.00	102.28	0.77	39.58	25KA for 3sec MAIN BUSBAR	163.97	163.98	167.45	1.13	73.95	12126.64
							MCC1 DRYER	163.78	163.79	167.25	1.13	74.04	12126.64
Bus17	11.000	99.87	99.87	102.18	0.79	40.21	Bus1	471.44	471.47	481.18	1.25	14.93	7038.68
Bus18	11.000	99.87	99.88	102.18	0.79	40.21	25kA for 3sec MAIN BUSBAR	143.54	143.58	149.29	2.27	50.16	7202.62
							MCC2 BRIQUETTE PLANT	143.34	143.37	149.08	2.27	50.24	7202.62
Bus19	11.000	99.78	99.78	102.11	0.79	40.80	25kA for 3sec MAIN BUSBAR	126.60	126.64	131.91	2.42	45.17	5719.92
							MCC3 PLANT	126.39	126.43	131.70	2.42	45.24	5719.92
Bus20	11.000	99.70	99.70	102.04	0.79	41.11	PUMPING STATION	3.90	3.90	3.97	0.59	24.82	96.90
							WTR RESRV PUMP STA	3.91	3.91	3.97	0.59	24.80	96.90
Bus21	11.000	99.81	99.82	102.14	0.79	40.66	PUMPING STATION	7.98	7.98	8.09	0.56	20.50	163.57
							MCC5	7.98	7.98	8.09	0.56	20.50	163.57
MCC1	0.690	98.13	98.14	102.19	1.78	115.24	PUMPING STATION	5.73	5.73	5.82	0.61	23.80	136.26
MCC1 DRYER	0.690	99.21	99.22	102.81	1.49	95.12	MCC4	6.03	6.03	6.12	0.58	22.61	136.27
							MCC1 DRYER	2610.92	2611.08	2666.32	1.13	74.04	193320.50
MCC2	0.690	99.40	99.41	104.07	1.76	88.13	MCC1	2610.92	2611.08	2666.32	1.13	74.04	193323.30
							Bus9	2610.94	2611.10	2666.34	1.13	74.04	193323.30
MCC2 BRIQUETTE PLANT	0.690	100.07	100.09	104.22	1.53	76.11	MCC2 BRIQUETTE PLANT	2285.04	2285.63	2376.67	2.27	50.24	114822.10
							MCC2	2285.04	2285.63	2376.67	2.27	50.24	114824.40
MCC3	0.690	99.84	99.85	104.45	1.70	80.74	Bus17	2285.06	2285.65	2376.69	2.27	50.24	114824.40
							MCC3 PLANT	2014.90	2015.49	2099.55	2.42	45.24	91185.03
MCC3 PLANT	0.690	100.36	100.37	104.52	1.51	71.46	MCC3	2014.90	2015.49	2099.56	2.42	45.24	91187.13
							Bus18	2014.92	2015.51	2099.57	2.42	45.24	91187.13
MCC4	0.380	98.80	98.80	100.57	0.69	27.11	Bus21	174.48	174.48	177.08	0.58	22.61	3944.57
MCC5	0.380	98.36	98.36	100.02	0.67	24.76	Bus20	230.97	230.97	234.21	0.56	20.50	4734.80

Project: TCUP
Location: Kalimantan Timur
Contract:
Engineer: Genchoel
Filename: Tabang_IEEE

ETAP
7.0.0

Study Case: HA

Page: 16
Date: 12-30-2014
SN: 12345678
Revision: Base
Config.: CLOSEFILTER

Bus		Voltage Distortion					Current Distortion						
ID	kV	Fund. %	RMS %	ASUM %	THD %	TIF	To Bus ID	Fund. Amp	RMS Amp	ASUM Amp	THD %	TIF	IT
PUMPING STATION	11.000	99.81	99.82	102.14	0.79	40.66	25kA for 3sec MAIN BUSBAR	17.10	17.10	17.75	1.13	83.56	1428.89
							Bus19	3.71	3.71	3.93	1.76	137.63	510.45
							Bus20	7.62	7.62	8.01	1.54	120.00	914.28
							Bus21	5.72	5.72	5.81	0.60	23.55	134.76
WTR RESRV PUMP STA	0.380	99.03	99.03	100.90	0.71	29.63	Bus19	113.10	113.10	114.89	0.59	24.80	2805.08

* Indicates THD (Total Harmonic Distortion) Exceeds the Limit.
Indicates IHD (Individual Harmonic Distortion) Exceeds the Limit.

Project: TCUP
Location: Kalimantan Timur
Contract:
Engineer: Genchoel
Filename: Tabang_IEEE

ETAP
7.0.0

Study Case: HA

Page: 17
Date: 12-30-2014
SN: 12345678
Revision: Base
Config.: CLOSEFILTER

BUS TABULATION

Bus		Harmonic Voltages (% of Fundamental Voltage)																
ID	Fundamental kV	2 25	3 29	4 31	5 35	6 37	7 41	8 43	9 47	10 49	11 53	12 55	13 59	14 61	15 65	17 67	19 71	23 73
25kA for 3sec MAIN BUSBAR	10.986	0 0.18	0 0.27	0 0.20	0.56 0.14	0 0.12	0.18 0.10	0 0.09	0 0.08	0 0.07	0.04 0	0 0	0.02 0	0 0	0 0	0.01 0	0.01 0	0.26 0
Bus1	10.996	0 0.18	0 0.26	0 0.20	0.55 0.13	0 0.12	0.17 0.09	0 0.09	0 0.07	0 0.07	0.04 0	0 0	0.02 0	0 0	0 0	0.01 0	0.01 0	0.26 0
MCC1	0.677	0 1.49	0 0.50	0 0.32	0.57 0.18	0 0.15	0.15 0.10	0 0.09	0 0.07	0 0.06	0.04 0	0 0	0.02 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.39 0
MCC1 DRYER	0.685	0 1.20	0 0.45	0 0.30	0.56 0.17	0 0.14	0.16 0.10	0 0.09	0 0.07	0 0.06	0.04 0	0 0	0.02 0	0 0	0 0	0.01 0	0 0	0.25 0
MCC2	0.686	0 0.63	0 0.33	0 0.28	1.14 0.20	0 0.18	0.36 0.14	0 0.12	0 0.10	0 0.09	0.09 0	0 0	0.05 0	0 0	0 0	0.02 0	0.01 0	0.96 0
MCC2 BRIQUETTE PLANT	0.691	0 0.49	0 0.31	0 0.26	1.02 0.18	0 0.16	0.32 0.13	0 0.11	0 0.09	0 0.08	0.08 0	0 0	0.04 0	0 0	0 0	0.02 0	0.01 0	0.83 0
MCC3	0.689	0 0.59	0 0.32	0 0.27	1.17 0.20	0 0.17	0.41 0.13	0 0.12	0 0.10	0 0.09	0.09 0	0 0	0.05 0	0 0	0 0	0.03 0	0.04 0	0.84 0
MCC3 PLANT	0.692	0 0.47	0 0.31	0 0.25	1.05 0.18	0 0.16	0.37 0.13	0 0.11	0 0.09	0 0.08	0.08 0	0 0	0.05 0	0 0	0 0	0.02 0	0.04 0	0.74 0
MCC4	0.375	0 0.13	0 0.19	0 0.13	0.55 0.08	0 0.07	0.17 0.05	0 0.05	0 0.04	0 0.03	0.04 0	0 0	0.02 0	0 0	0 0	0.01 0	0.01 0	0.21 0
MCC5	0.374	0 0.13	0 0.17	0 0.12	0.55 0.08	0 0.06	0.17 0.05	0 0.04	0 0.03	0 0.03	0.04 0	0 0	0.02 0	0 0	0 0	0.01 0	0.01 0	0.19 0
PUMPING STATION	10.979	0 0.18	0 0.27	0 0.20	0.56 0.14	0 0.12	0.18 0.10	0 0.09	0 0.08	0 0.07	0.04 0	0 0	0.02 0	0 0	0 0	0.01 0	0.01 0	0.27 0
WTR RESRV PUMP STA	0.376	0 0.14	0 0.20	0 0.15	0.56 0.09	0 0.08	0.17 0.06	0 0.05	0 0.04	0 0.04	0.04 0	0 0	0.02 0	0 0	0 0	0.01 0	0.01 0	0.22 0

Project: TCUP
Location: Kalimantan Timur
Contract:
Engineer: Genchoel
Filename: Tabang_IEEE

ETAP
7.0.0

Study Case: HA

Page: 18
Date: 12-30-2014
SN: 12345678
Revision: Base
Config.: CLOSEFILTER

BUS TABULATION

Bus		Harmonic Voltages (% of Nominal Voltage)																
ID	Nominal kV	2 25	3 29	4 31	5 35	6 37	7 41	8 43	9 47	10 49	11 53	12 55	13 59	14 61	15 65	17 67	19 71	23 73
25kA for 3sec MAIN BUSBAR	11.000	0 0.18	0 0.26	0 0.20	0.56 0.14	0 0.12	0.18 0.10	0 0.09	0 0.08	0 0.07	0.04 0	0 0	0.02 0	0 0	0 0	0.01 0	0.01 0	0.26 0
Bus1	11.000	0 0.18	0 0.26	0 0.20	0.55 0.13	0 0.12	0.17 0.09	0 0.09	0 0.07	0 0.07	0.04 0	0 0	0.02 0	0 0	0 0	0.01 0	0.01 0	0.26 0
MCC1	0.690	0 1.47	0 0.49	0 0.31	0.56 0.17	0 0.14	0.15 0.10	0 0.09	0 0.07	0 0.06	0.04 0	0 0	0.02 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.39 0
MCC1 DRYER	0.690	0 1.19	0 0.45	0 0.29	0.56 0.17	0 0.14	0.15 0.10	0 0.09	0 0.07	0 0.06	0.04 0	0 0	0.02 0	0 0	0 0	0.01 0	0 0	0.25 0
MCC2	0.690	0 0.63	0 0.33	0 0.28	1.14 0.20	0 0.18	0.36 0.13	0 0.12	0 0.10	0 0.09	0.09 0	0 0	0.05 0	0 0	0 0	0.02 0	0.01 0	0.96 0
MCC2 BRIQUETTE PLANT	0.690	0 0.49	0 0.31	0 0.26	1.02 0.18	0 0.16	0.32 0.13	0 0.11	0 0.09	0 0.08	0.08 0	0 0	0.04 0	0 0	0 0	0.02 0	0.01 0	0.83 0
MCC3	0.690	0 0.58	0 0.32	0 0.27	1.17 0.19	0 0.17	0.41 0.13	0 0.12	0 0.10	0 0.09	0.09 0	0 0	0.05 0	0 0	0 0	0.03 0	0.04 0	0.84 0
MCC3 PLANT	0.690	0 0.47	0 0.31	0 0.26	1.06 0.18	0 0.16	0.37 0.13	0 0.11	0 0.09	0 0.08	0.08 0	0 0	0.05 0	0 0	0 0	0.02 0	0.04 0	0.75 0
MCC4	0.380	0 0.13	0 0.18	0 0.13	0.55 0.08	0 0.07	0.17 0.05	0 0.05	0 0.04	0 0.03	0.04 0	0 0	0.02 0	0 0	0 0	0.01 0	0.01 0	0.20 0
MCC5	0.380	0 0.12	0 0.17	0 0.12	0.54 0.07	0 0.06	0.17 0.05	0 0.04	0 0.03	0 0.03	0.04 0	0 0	0.02 0	0 0	0 0	0.01 0	0.01 0	0.19 0
PUMPING STATION	11.000	0 0.18	0 0.27	0 0.20	0.56 0.14	0 0.12	0.18 0.10	0 0.09	0 0.08	0 0.07	0.04 0	0 0	0.02 0	0 0	0 0	0.01 0	0.01 0	0.26 0
WTR RESRV PUMP STA	0.380	0 0.14	0 0.20	0 0.15	0.55 0.09	0 0.08	0.17 0.06	0 0.05	0 0.04	0 0.04	0.04 0	0 0	0.02 0	0 0	0 0	0.01 0	0.01 0	0.22 0

Project: TCUP
Location: Kalimantan Timur
Contract:
Engineer: Genchoel
Filename: Tabang_IEEE

ETAP
7.0.0

Study Case: HA

Page: 19
Date: 12-30-2014
SN: 12345678
Revision: Base
Config.: CLOSEFILTER

BRANCH TABULATION

Branch	% Harmonic Current Contents in 1 MVA Base																
ID	2 25	3 29	4 31	5 35	6 37	7 41	8 43	9 47	10 49	11 53	12 55	13 59	14 61	15 65	17 67	19 71	23 73
Cable1	0 3.03	0 0.47	0 0.23	0.25 0.09	0 0.07	0.46 0.05	0 0.05	0 0.05	0 0.05	0.11 0	0 0	0.06 0	0 0	0 0	0.02 0	0.02 0	1.63 0
Cable5	0 0.69	0 0.88	0 0.62	10.80 0.38	0 0.32	2.42 0.23	0 0.20	0 0.16	0 0.14	0.37 0	0 0	0.17 0	0 0	0 0	0.05 0	0.04 0	1.11 0
Cable6	0 0.64	0 0.79	0 0.54	11.12 0.31	0 0.25	2.48 0.17	0 0.14	0 0.10	0 0.09	0.37 0	0 0	0.17 0	0 0	0 0	0.05 0	0.04 0	1.05 0
Cable7	0 1.45	0 0.19	0 0.15	5.71 0.10	0 0.08	1.28 0.05	0 0.04	0 0.03	0 0.02	0.21 0	0 0	0.10 0	0 0	0 0	0.04 0	0.03 0	1.46 0
Cable8	0 1.21	0 0.15	0 0.13	5.39 0.08	0 0.07	1.47 0.04	0 0.04	0 0.02	0 0.02	0.21 0	0 0	0.10 0	0 0	0 0	0.05 0	0.08 0	1.08 0
Cable9	0 0.11	0 0.19	0 0.16	0.16 0.12	0 0.11	0.05 0.10	0 0.10	0 0.09	0 0.09	0.01 0	0 0	0.01 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.15 0
Cable10	0 0.03	0 0.06	0 0.05	0.04 0.04	0 0.03	0.01 0.03	0 0.03	0 0.03	0 0.03	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.04 0
Cable11	0 0.06	0 0.10	0 0.08	0.07 0.06	0 0.06	0.02 0.05	0 0.05	0 0.05	0 0.05	0.01 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.08 0
Cable12	0 0.01	0 0.02	0 0.01	0.05 0.01	0 0.01	0.02 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.02 0
Cable14	0 3.02	0 0.47	0 0.23	0.25 0.09	0 0.07	0.46 0.05	0 0.05	0 0.05	0 0.05	0.11 0	0 0	0.06 0	0 0	0 0	0.02 0	0.02 0	1.64 0
Cable16	0 1.45	0 0.19	0 0.15	5.71 0.10	0 0.08	1.28 0.05	0 0.04	0 0.03	0 0.02	0.21 0	0 0	0.10 0	0 0	0 0	0.04 0	0.03 0	1.46 0
Cable18	0 1.21	0 0.15	0 0.12	5.39 0.08	0 0.07	1.47 0.04	0 0.03	0 0.02	0 0.02	0.21 0	0 0	0.10 0	0 0	0 0	0.05 0	0.08 0	1.08 0

Project: TCUP
Location: Kalimantan Timur
Contract:
Engineer: Genchoel
Filename: Tabang_IEEE

ETAP
7.0.0

Study Case: HA

Page: 20
Date: 12-30-2014
SN: 12345678
Revision: Base
Config.: CLOSEFILTER

BRANCH TABULATION

Branch		% Harmonic Currents (% of Fundamental Current)																
ID	Fundamental A	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	19	23
		25	29	31	35	37	41	43	47	49	53	55	59	61	65	67	71	73
Cable1	163.97	0 0.97	0 0.15	0 0.07	0.08 0.03	0 0.02	0.15 0.02	0 0.02	0 0.01	0 0.01	0.03 0	0 0	0.02 0	0 0	0 0	0.01 0	0.01 0	0.52 0
Cable5	471.44	0 0.08	0 0.10	0 0.07	1.20 0.04	0 0.04	0.27 0.03	0 0.02	0 0.02	0 0.02	0.04 0	0 0	0.02 0	0 0	0 0	0.01 0	0 0	0.12 0
Cable6	443.91	0 0.08	0 0.09	0 0.06	1.31 0.04	0 0.03	0.29 0.02	0 0.02	0 0.01	0 0.01	0.04 0	0 0	0.02 0	0 0	0 0	0.01 0	0 0	0.12 0
Cable7	143.55	0 0.53	0 0.07	0 0.06	2.09 0.04	0 0.03	0.47 0.02	0 0.02	0 0.01	0 0.01	0.08 0	0 0	0.04 0	0 0	0 0	0.02 0	0.01 0	0.53 0
Cable8	126.61	0 0.50	0 0.06	0 0.05	2.24 0.03	0 0.03	0.61 0.02	0 0.02	0 0.01	0 0.01	0.09 0	0 0	0.04 0	0 0	0 0	0.02 0	0.03 0	0.45 0
Cable9	16.97	0 0.35	0 0.60	0 0.48	0.50 0.37	0 0.35	0.17 0.31	0 0.30	0 0.29	0 0.28	0.05 0	0 0	0.03 0	0 0	0 0	0.01 0	0.01 0	0.48 0
Cable10	3.71	0 0.47	0 0.80	0 0.65	0.53 0.50	0 0.47	0.19 0.41	0 0.40	0 0.38	0 0.37	0.06 0	0 0	0.03 0	0 0	0 0	0.02 0	0.02 0	0.64 0
Cable11	7.62	0 0.40	0 0.69	0 0.56	0.50 0.44	0 0.41	0.17 0.36	0 0.35	0 0.33	0 0.33	0.05 0	0 0	0.03 0	0 0	0 0	0.01 0	0.01 0	0.54 0
Cable12	5.72	0 0.12	0 0.16	0 0.12	0.49 0.07	0 0.06	0.15 0.05	0 0.04	0 0.03	0 0.03	0.03 0	0 0	0.02 0	0 0	0 0	0.01 0	0.01 0	0.18 0
Cable14	2610.92	0 0.97	0 0.15	0 0.07	0.08 0.03	0 0.02	0.15 0.02	0 0.02	0 0.02	0 0.02	0.03 0	0 0	0.02 0	0 0	0 0	0.01 0	0.01 0	0.52 0
Cable16	2285.04	0 0.53	0 0.07	0 0.06	2.09 0.04	0 0.03	0.47 0.02	0 0.02	0 0.01	0 0.01	0.08 0	0 0	0.04 0	0 0	0 0	0.02 0	0.01 0	0.53 0
Cable18	2014.90	0 0.50	0 0.06	0 0.05	2.24 0.03	0 0.03	0.61 0.02	0 0.01	0 0.01	0 0.01	0.09 0	0 0	0.04 0	0 0	0 0	0.02 0	0.03 0	0.45 0

Project: TCUP
Location: Kalimantan Timur
Contract:
Engineer: Genchoel
Filename: Tabang_IEEE

ETAP
7.0.0

Study Case: HA

Page: 21
Date: 12-30-2014
SN: 12345678
Revision: Base
Config.: CLOSEFILTER

Filter Overloading

Filter			Capacitor C1			Inductor L1			Capacitor C2			Inductor L2		
ID	Type	Connection	Max. kV	Opr. kV	% OverVolt	Max. Amp	Opr. Amp	% Overload	Max. kV	Opr. kV	% OverVolt	Max. Amp	Opr. Amp	% Overload
Filter MCC1 orde 11	3	Wye-Solid	0.690	0.611	88.6	2000.00	109.10	5.5						
Filter MCC1 orde 13	3	Wye-Solid	0.690	0.598	86.6	2000.00	107.15	5.4						
Filter MCC1 orde 17	3	Wye-Solid	0.690	0.580	84.1	2000.00	213.32	10.7						
Filter MCC1 orde 19	3	Wye-Solid	11.000	0.589	5.4	2000.00	142.06	7.1						
Filter MCC1 orde 5	3	Wye-Solid	11.000	0.932	8.5	2000.00	176.26	8.8						
Filter MCC1 orde 7	3	Wye-Solid	11.000	0.693	6.3	2000.00	142.02	7.1						
Filter MCC2 orde 11	3	Wye-Solid	11.000	0.701	6.4	2000.00	197.13	9.9						
Filter MCC2 orde 13	3	Wye-Solid	11.000	0.660	6.0	2000.00	172.43	8.6						
Filter MCC2 orde 17	3	Wye-Solid	0.690	0.627	90.9	2000.00	151.00	7.5						
Filter MCC2 orde 19	3	Wye-Solid	11.000	0.621	5.6	2000.00	157.60	7.9						
Filter MCC2 orde 5	3	Wye-Solid	11.000	1.306	11.9	2000.00	402.42	20.1						
Filter MCC2 orde 7	3	Wye-Solid	11.000	0.902	8.2	2000.00	293.00	14.6						
Filter MCC3 orde 11	3	Wye-Solid	11.000	0.711	6.5	2000.00	195.81	9.8						
Filter MCC3 orde 17	3	Wye-Solid	11.000	0.634	5.8	2000.00	139.76	7.0						
Filter MCC3 orde 19	3	Wye-Solid	11.000	0.626	5.7	2000.00	143.66	7.2						
Filter MCC3 orde 5	3	Wye-Solid	11.000	1.329	12.1	2000.00	401.16	20.1						
Filter MCC3 orde 7	3	Wye-Solid	11.000	0.947	8.6	2000.00	288.73	14.4						
Filter MCC13 orde 13	3	Wye-Solid	11.000	0.665	6.0	2000.00	172.13	8.6						

Filter Types: 0 = By-Pass, 1 = High-Pass (Damped), 2 = High-Pass (Undamped), 3 = Single Tuned, 4 = 3rd Order Damped, 5 = 3rd Order C-Type

Project: TCUP
Location: Kalimantan Timur
Contract:
Engineer: Genchoel
Filename: Tabang_IEEE

ETAP
7.0.0

Study Case: HA

Page: 22
Date: 12-30-2014
SN: 12345678
Revision: Base
Config.: CLOSEFILTER

Alert Summary Report

% Alert Settings

Critical

Marginal

Bus

VTHD	5.00	3.00
VIHD	3.00	2.00

Transformer

Total I	100.0	95.0
---------	-------	------

Filter

Capacitor kV	100.0	95.0
Inductor Amp	100.0	95.0

Capacitor

Max kV	100.0	95.0
--------	-------	------

Cable

Ampacity	100.0	95.0
----------	-------	------